Astr. U. 308 2e

Allgemeine

deutsche Bürgerbibliothek.

Herausgegeben

von

Karl Andree und August Lewald.

Himmelskunde.

Karlsruhe, 1844.

Druck und Verlag des Artistischen Instituts.

F. Gutsch & Rupp.

C

Himmelskunde.

Volksfaßlich

bearbeitet

von

[brahaam]

Moriz A. Stern.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayer. Staatsministerium
f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten
Ministerialforstabteilung
Bücherei

K. MINISTERIUM FORSTWESEN
870
Ah 1
30

Karlsruhe, **1844.**

Druck und Verlag des Artistischen Instituts.

F. Gutsch & Rupp.

gd 164-179

Abhandlung.

Politisch

Inaugural

Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen philosophischen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität

zu

München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

vorgelegt

von

Berichtigungen.

Der Verfasser sieht sich veranlaßt zu bemerken, daß die Ueberschriften der einzelnen Seiten bis zu S. 61 nicht von ihm sind. Sie sind zum Theil nicht gut gerathen, was freilich für den Inhalt der Schrift ganz unschädlich ist, doch wird der Leser gebeten, besonders folgende zu verbessern.

S. 10 setze man statt „Ferne des Gesichtskreises" die Ueberschrift „die Luft schwächt das Licht."
S. 28 statt „die theiweise u. s. w'" „Auf- und Untergang der Sterne."
S. 32 „ „Gleichförmige Regelmäßigkeit u. s. w." Gleichförmigkeit der täglichen Bewegung.
S. 40 „ „Weitere Erklärung der Erleuchtungsgränze" setze man „Erklärung der scheinbaren jährlichen Bewegung der Sonne." Dasselbe S. 41 und 42.
S. 58 setze man statt „die gegen u. s. w." „Erklärung der Verschiedenheit der Tageslängen."
S. 59 „ „ „Das Verhältniß von Tag und Nacht unter den Polen."
S. 60 „ „ „Das Verhältniß von Tag und Nacht in den Polargegenden."

Auch verbessere man noch folgende Druckfehler:

S. IV.	Zeile	6	von	oben	streiche	das Wort „hier."		
S. 5	„	18	„	unten	statt „ihre Mittelpunkte"	lese man	„ihren Mittelpunkt."	
Ebend.	„	5	„	„	„ sind	„	„	sind.
„	letzte	Zeile			„ in dem	„	„	indem.
S. 6	Zeile	11	von	oben	„ Gesichtskreis	„	„	Gesichtskreis.
„ 8	„	3	„	„	„ Uregelmäßigkeiten	„	„	Unregelmäßigkeiten.
„ 10	„	6	„	„	„ auch die	„	„	auch diese.
„ 15	„	11	„	„	„ daß diese	„	„	daß er ihn.
„ 16	„	8	„	unten	„ von zehn zu zehn	„	„	von zehn zu zehn oder von fünf zu fünf.
„ 30	„	12	„	„	„ unter uns	„	„	unter, und
„ 31	„	11	„	oben	„ blieb	„	„	bleibt.
„ 34	„	9	„	„	„ Westen	„	„	Osten.
„ 35	„	5	„	unten	„	„	„	A C D B E F A
„ 37	„	2	„	oben	„ Brennpunkte nicht	„	„	Brennpunkte, nicht.
„ 43	„	13	„	„	„ vorgekommen	„	„	angekommen.
„ 44	„	18	„	„	„ und in A B	„	„	wie A B.
„ 44	„	22	„	„	„ A B C	„	„	a B C.
„ 44	„	24	„	„	„ außerhalb B	„	„	außerhalb C.
„ 44	„	30	„	„	„ A B	„	„	A E.
„ 45	„	14	„	„	„ ähnliches	„	„	ähnlicher.
„ 49	„	15	„	„	„ vorstehenden	„	„	nebenstehenden.
„ 57	„	18	„	„	„ Bogen	„	„	Lagen.
„ 59	„	5	„	„	„ mitten	„	„	mithin.
„ 60	„	24	„	„	„ E K	„	„	E E'

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Einleitung.

Die Himmelskunde gehört zu den ältesten Wissenschaften, vielleicht kann man ohne Uebertreibung sagen, daß sie so alt ist, wie das Menschengeschlecht selbst. Auch im einfachsten Naturzustande wird der Blick des Menschen gefesselt von dem mächtigen Lichte der Sonne von dem milden Scheine des Mondes, von dem Glanze des gestirnten Himmels. Das erste Staunen wird bald in ein sorgfältigeres Beobachten übergehen, wenn sich dem Menschen die Bemerkung aufdrängt, daß das Kommen und Gehen der Erscheinungen am Himmel, nicht ohne den größten Einfluß auf seine eigenen irdischen Verhältnisse ist. Es muß ihm bald deutlich werden, daß die Sonne die Quelle des Lichtes und der Wärme ist, ohne welche er nicht bestehen kann, daß sie den Unterschied zwischen Tag und Nacht und den Wechsel der Jahreszeiten hervorruft. Er muß bald einsehen, daß sich der Zustand des Bodens, von dessen Früchten er sich nährt, der Thiere, die er zu seinem Unterhalte braucht, ein anderer wird, so wie die Sonne höher oder minder hoch am Himmel heraufsteigt, längere oder kürzere Zeit dort verweilt. Wo sich Jagd und Fischfang, Ackerbau und Viehzucht auszubilden anfingen, konnte es nicht verborgen bleiben, daß die verschiedenen Geschäfte, welche diese einfachsten Grundlagen menschlicher Thätigkeit erheischen, nur zu gewissen Zeiten mit Erfolg vorzunehmen sind, und daß diese Zeiten nur durch die Erscheinungen am Himmel mit Sicherheit bestimmt werden können. Je mannigfaltiger die bürgerlichen Geschäfte wurden, desto nöthiger wurde die sichere Zeitbestimmung. Konnte man sich zuerst mit der Bestimmung des Tages und Jahres begnügen, so mußte man auf größere Zeiträume achten, sobald sich ein

Staatsleben und mit ihm eine Geschichte zu entwickeln anfing. So entstand die Zeitrechnung (Chronologie) der verschiedenen Völker, welche sich gleichfalls auf die Erscheinungen am Himmel stützt.

Wie die Sternkunde den Völkern, die in festen Sitzen blieben, Führerin in der Zeit ist, so ist sie den Wandervölkern Führerin im Raume. Sie allein konnte den Menschen sicher leiten, wenn er es unternahm seinen ursprünglichen Wohnort zu verlassen, und entfernte Gegenden der Erde aufzusuchen, wenn er das Schiff bestieg, um die weiten Meere zu befahren, wo ihm kein Merkzeichen blieb, als die Sterne. Man konnte auf der Erde nicht heimisch werden, bevor man sich nicht am Himmel bekannt gemacht hatte; die Erdkunde ist eine Tochter der Himmelskunde.

Aus den ersten Bedürfnissen des Lebens erwachsen, und zunächst nur darauf berechnet diesen zu dienen, hat die Himmelskunde in ihrer weitern Entwickelung, mehr als irgend eine andere Wissenschaft dazu beigetragen, den Menschen über diese Bedürfnisse zu erheben, und seinen Geist von der Beschränktheit der Erde zu befreien und auf die Unendlichkeit zu richten. Sie hat ihn gelehrt, daß es neben seiner Heimath, der Erde, eine zahllose Menge von Welten gibt, die in dem ungemessenen Raume neben einander bestehen, in ihrem Bau und in ihrer Größe verschieden, aber alle beherrscht von ewigen Gesetzen. Es ist gelungen in Tiefen des Himmels einzudringeu, vor welchen die kühnste Einbildungskraft zurückbebt, aber auch dort noch fand man die einfachen Regeln der Natur wieder, welchen unsere Erde unterworfen ist.

Wenn gleich die Himmelskunde seit den ältesten Zeiten gepflegt wurde, so ist ihre Ausbildung doch keineswegs eine stetige ungestörte gewesen, vielmehr war sie allen Wechselfällen unterworfen, welche die Ausbildung der Menschheit überhaupt in verschiedenen Zeiträumen und bei verschiedenen Völkern trafen.

Wie alles menschliche Wissen, hat auch sie sich durch eine Menge falscher Vorstellungen zur Erkenntniß der Wahrheit hindurchringen müssen; Jahrhunderte lang hat sie Irrthümer festgehalten, die zum Theil erst nach schwerem Kampfe aufgegeben wurden. Nicht immer wurde dieser Kampf mit den Waffen des Geistes geführt. Noch vor zwei Jahrhunderten gehörten auch die neuen Lehren der Astronomie zu den gottlosen

und staatsgefährlichen. Doch was der Gedanke vernichtet hat, das kann weder das Ansehen der Kirche noch die Gewalt der Polizei in's Leben zurückrufen.

Seit dem sechszehenten Jahrhundert, nachdem die Sternkunde mit allen übrigen Wissenschaften einen neuen Aufschwung in Europa genommen hatte, sehen wir sie in einer ununterbrochenen überraschend schnellen Entwickelung vorwärts schreiten. Sie verdankt dieß besonders zweien mächtigen Bundesgenossen, der höheren Mathematik und dem Fernrohre, die beide in diesem Zeitraume gefunden und zu einem hohen Grade von Ausbildung gebracht wurden. Das erste dieser Hülfsmittel hat die Sehweite des geistigen Auges in demselben Grade erweitert, wie das zweite die des leiblichen.

Es ist nicht die Absicht der folgenden Blätter, den Leser durch alle Irrgänge falscher Vorstellungen zu führen, welche die Sternkunde durchwandern mußte, ehe sie auf den rechten Weg gelangte. Es soll eben so wenig das, was ich als entschiedene Wahrheit darstellen werde, auch immer mit den entscheidendsten Gründen bewiesen werden. Beides, die Widerlegung der Irrthümer wie die feste Begründung der Behauptungen würde häufig eine viel tiefere Einsicht in die Lehren der höheren Mathematik und in den Bau der Beobachtungswerkzeuge erheischen, als ich sie bei dem Leser voraussetzen oder hier mittheilen kann. Es ist nicht meine Absicht den hartnäckigen Zweifler zu bekehren, sondern vielmehr den Vertrauensvollen zu belehren.

Dieses Vertrauen, ohne welches andere Zweige menschlicher Erkenntniß nicht bestehen können, nimmt hier die Sternkunde nicht ihrer selbst willen in Anspruch, sie kann sich dessen entschlagen, sie muß sogar gänzlich darauf verzichten, wenn sie in der ganzen Reinheit ihrer wissenschaftlichen Entfaltung erscheinen soll. Der Geschichtschreiber z. B. wenn er das Leben und die Thaten gewesener Helden, vergangener Völker erzählt, kann diese nicht als Zeugen aufrufen; die Urkunden, auf die er sich bezieht, sind zum größten Theile spurlos verschwunden. In ganz anderer Lage befindet sich der Lehrer der Sternkunde. Die Zeugen, die er aufruft, leben nicht das kurze Leben eines Sterblichen, sie sahen das Menschengeschlecht entstehen und leben noch. Die Urkunden, die er vorzeigt, sind nicht auf vergänglichen Stoff, sie sind mit Flammenschrift an den Himmel

geschrieben. Doch die Sprache dieser Zeugen, die Schrift dieser Urkunden ist nicht jedem verständlich, ihre Erlernung erfordert viel Zeit und anhaltenden Fleiß. Wer verhindert ist, so anstrengende Forschungen selbst anzustellen, der schenke dem Sternkundigen das Zutrauen, welches wir jedem Dollmetscher hier geben, der uns durch ein Land begleitet, dessen Sprache wir nicht verstehen. Je länger der Leser, in diesem Zutrauen beharrend, uns folgt, desto gewisser wird er einsehen, daß er es nicht leichtsinnig verschenkt hat. Denn es gibt im Gebiete der Sternkunde, wie in allen Gebieten menschlicher Einsicht, ein Kennzeichen der Wahrheit, welches hell auf ihrer Stirne leuchtet und sie weit von der Lüge und dem Irrthum trennt. Die Wahrheit ist in allen ihren Theilen und Folgen wahr, alles, was man aus ihr entwickelt, kann nur dazu dienen sie zu bekräftigen und fester zu begründen, während die Lüge wie der Irrthum immer zuletzt an einem Punkte anlangen, wo sie mit sich selbst in Widerspruch gerathen. So, hoffe ich, wird auch der Leser sehen, daß alle Lehren der Sternkunde, die ich vor seinen Augen allmählig entwickeln werde, im schönsten Einklang stehen, und sich wechselseitig stützen und tragen, wie die Steine eines festen kunstgerechten Gewölbes. Und so hege ich den zuversichtlichen Wunsch, daß die folgenden Blätter beitragen mögen, zu einer volksthümlichen Verbreitung der erhabensten aller Wissenschaften, da sie ohne Erfüllung dieses Zweckes keinen Werth hätten.

Erstes Hauptstück.

1. Die Gestalt und Größe der Erde, als der Sternwarte, von welcher aus allein das Menschengeschlecht die übrigen Körper im Weltraume betrachten kann, verdienen zunächst unsere Aufmerksamkeit. Die Erde ist ein nach allen Seiten hin begrenzter Körper, der mit keinem andern festen Körper zusammenhängt, sondern frei im Raume schwebt. Ihre Gestalt ist beinahe die einer Kugel. Freilich erscheint ihre Oberfläche als eine höchst unregelmäßige, auf der Erhöhungen und Vertiefungen fortwährend abwechseln. Aber diese Unebenheiten würden wir hier nicht in Anschlag bringen und die Erde als eine vollkommene Kugel ansehen dürfen, wenn sie sich nur durch diese Unebenheiten von einer solchen unterschiede. In der That sind selbst die größten Erhöhungen und Vertiefungen, die wir auf der Erde kennen, viel zu unbedeutend, als daß sie im Verhältnisse zur ganzen Erde in Betracht kommen könnten. Die höchste Gebirgskette bildet das Himalajagebirge in Ostindien, dessen höchste Spitze etwas über eine deutsche Meile hoch ist.

Ein Durchmesser der Erde beträgt aber, wie wir hier als vorläufige Bestimmung annehmen können, etwas mehr als 1700 Meilen, also 1700 mal mehr als die Höhe der höchsten Bergspitze auf der Erde. Wollten wir die Erde nebst ihren Erhöhungen durch eine Kugel vorstellen, die 17 Zoll im Durchmesser hätte, so würde auf derselben die höchste Spitze des Himalaja als eine Erhabenheit $^1/_{100}$ Zoll erscheinen, was ungefähr anderthalb Mal so viel als die Dicke eines starken Haares beträgt. Minder hohe Bergzüge, wie z. B. das Taunusgebirge, würden dem unbewaffneten Auge gar nicht mehr sichtbar seyn, und noch weniger, Erhöhungen welche durch Men-

schenhand geschaffen sind.* Die uns bekannten Tiefen auf dem festen Lande sind im Verhältnisse zu den Höhen unbedeutend. Der Steinkohlenbruch zu Whithehaven in England soll über 2000 Fuß tief seyn, und dieß ist wohl die größte Tiefe, in die Menschen gekommen sind. Auf der erwähnten Kugel würde er durch eine Vertiefung dargestellt werden, die dem unbewaffneten Auge nicht mehr sichtbar ist, da sie nur den 1200sten Theil eines Zolles betragen würde.

Aber selbst wenn wir alle diese Unebenheiten für gar nichts rechnen, so ist die Erde, wie genauere Messungen zeigen, noch immer keine vollkommene Kugel. Ihre Abweichung von der Kugelgestalt, die uns später sehr wichtig werden wird, ist indessen so gering, daß sie uns bei den nächsten Betrachtungen ganz gleichgültig bleibt. Vorläufig können wir sie ohne Schaden vernachlässigen, wodurch die Darstellung einfacher wird, und so wollen wir uns zunächst die Erde als eine vollkommene Kugel vorstellen.

2. Wenn man von irgend einem Punkte auf der Erde ausgeht, und immer eine und dieselbe Richtung verfolgt, kommt man zuletzt wieder an dem Punkte an, von welchem man ausgegangen ist, wenn man nicht durch örtliche Hindernisse, vom Vordringen abgehalten wird. Eine solche Reise um die Erde, die man eine Reise um die Welt zu nennen pflegt, unternahm zuerst der muthige portugiesische Seefahrer Hernando Magalhaens. Am 10. August 1519 fuhr er mit spanischen Schiffen von Sevilla aus, und gelangte, nachdem er gegen den äußersten Mangel gekämpft hatte, zuletzt nach den philippinischen Inseln, wo er den 26. April 1521 in einem Gefechte gegen die Eingebornen erschlagen wurde. Nur eines der fünf Schiffe, die er mitgenommen hatte, kam den 7. September 1522 wieder in Spanien an, nachdem es immer westlich gefahren war. Später hat man viele ähnliche Reisen nach den verschiedensten Richtungen ausgeführt, man kam immer wieder zu dem Ausgangspunkte zurück, und hieraus konnte man schon schließen, daß die Erde, wie ich früher gesagt habe, frei für sich besteht und sich auf keinen andern festen Körper stützt.

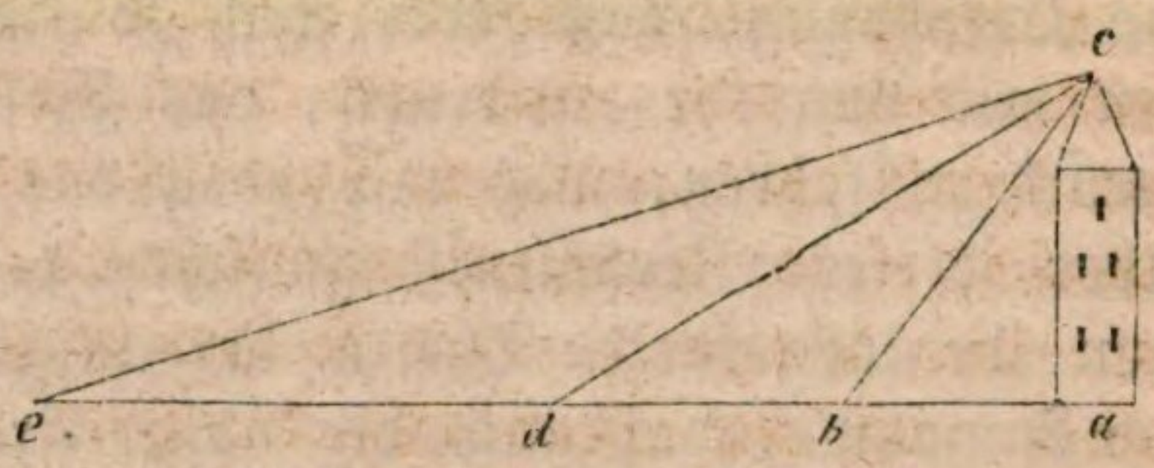
---

* Die größte Höhe, welche Menschenhände aufgebaut haben, hat die große ägyptische Pyramide, sie beträgt 450 pariser Fuß, die Spitze des Straßburger Münster ist 438 pariser Fuß, die Kuppel der Peterskirche in Rom 408 pariser Fuß hoch.

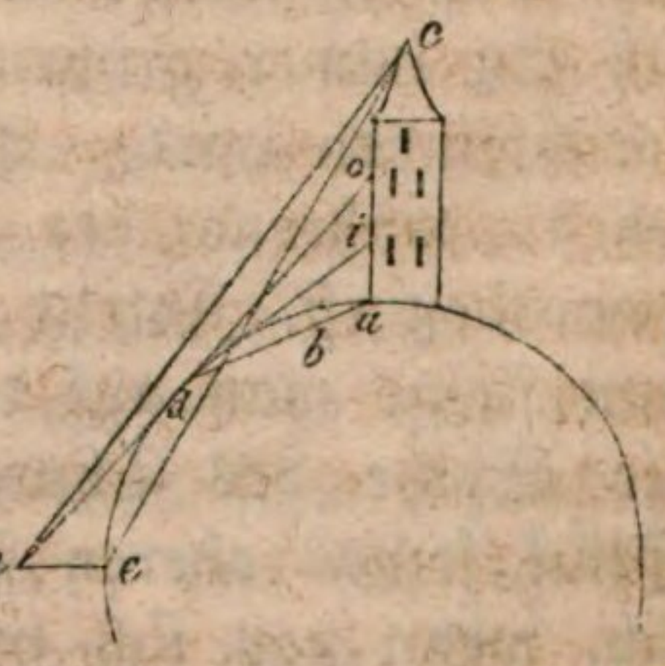
Wer diese Thatsache zum ersten Male hört, kann sich schwerlich des Gedankens entschlagen, wie dieß möglich sey? wie es komme, daß die Erde nicht fällt, da doch jeder Körper den wir seiner Stütze berauben, den wir von der Erde entfernen und sich selbst überlassen, wieder zu ihr zurückfällt. Wenn es nun auch späteren Erörterungen überlassen bleibt, die vollständige Beantwortung dieser Frage zu geben, so kann ich doch schon hier mit Leichtigkeit zeigen, daß diese Frage auf einer ganz willkürlichen Voraussetzung beruht. Allerdings zeigt uns die Erfahrung, daß jeder noch so kleine Bestandtheil der Erde, den wir von ihr entfernen, das Bestreben hat, wieder zu ihr zurück zu kehren, was wir eben das Fallen der Körper nennen. Aber dieses Verhältniß zwischen der ganzen Erde und einem von ihr losgelösten Theile berechtigt uns auf keine Weise zu der Annahme, daß auch die ganze Erde fallen müsse, was doch nichts anderes heißen kann, als daß auch sie das Bestreben haben müsse, sich zu irgend einem anderen Körper hin zu bewegen. Es ist vielmehr recht gut denkbar, daß ein solches Bestreben durchaus nicht vorhanden ist, wodurch denn die angeregte Frage von selbst wegfällt.

3. Daß die Oberfläche der Erde wirklich gekrümmt und nicht, wie man dieß wohl in älteren Zeiten häufig glaubte, flach wie eine Scheibe ist, geht aus mancherlei Beobachtungen deutlich hervor. Ich begnüge mich, hier nur eine der einfachsten zu besprechen. Wer aus einem Hafen abfährt, und einen Gegenstand, der am Ufer steht, z. B. einen Thurm, in's Auge faßt, den er zuerst ganz überblicken kann, wird bemerken, daß je weiter sich das Schiff vom Ufer entfernt, allmählich ein immer größerer Theil des Thurmes von unten herauf verschwinden wird. Man wird die Spitze noch ganz deutlich sehen, während der Fuß des Thurmes schon lange unsichtbar geworden ist. Zuletzt wird auch die Spitze verschwinden. Aber nun steige man auf den Mast des Schiffes, so wird alsdann die Spitze des Thurmes und vielleicht noch ein bedeutendes Stück seines oberen Theils wieder sichtbar werden, aber freilich, wenn man sich immer weiter von Ufer entfernt, zum zweiten Male verschwinden. Wäre die Oberfläche des Wassers nicht gekrümmt, sondern eine flache Ebene, so müßte sich die Erscheinung ganz anders zeigen. Der Thurm würde nicht stückweise verschwinden, man würde ihn vielmehr immer ganz über-

sehen, aber er würde, je weiter man sich vom Ufer entfernt, immer kleiner und kleiner erscheinen, bis er zuletzt nicht mehr zu erkennen wäre. Ein Gegenstand erscheint uns nämlich desto kleiner, je kleiner der Sehwinkel ist, d. h. der Winkel, den die von unsern Augen nach den Endpunkten des Gegenstandes gezogenen Linien bilden, und der Gegenstand ist nicht mehr zu erkennen, sobald dieser Winkel gar zu klein wird. Man wird sich dieß aus der folgenden Zeichnung deutlich machen können.



Der Fuß des Thurmes sey in a, seine Spitze in c und man betrachte ihn zuerst aus dem Punkte b, der auf der geraden Linie a b d e liegt, so wird man ihn ganz und unter dem Winkel sehen, den die geraden Linien b a und b c einschließen. Man entferne sich nun um ein Beträchtliches nach d, so wird man noch immer den ganzen Thurm sehen, aber unter dem kleineren Winkel, den die Linien d a und d c einschließen, man wird ihn daher kleiner sehen, geht man nach e fort, so sieht man noch immer den ganzen Thurm, jetzt aber unter dem noch kleineren Winkel, den die Linien a e und e c bilden, und daher wieder kleiner. Geht man auf der geraden Linie weit genug fort, so wird zuletzt der Sehwinkel so klein, daß der Gegenstand gänzlich verschwindet. So erscheint eine Lerche, die in die Höhe steigt, immer kleiner bis sie zuletzt ganz verschwindet.

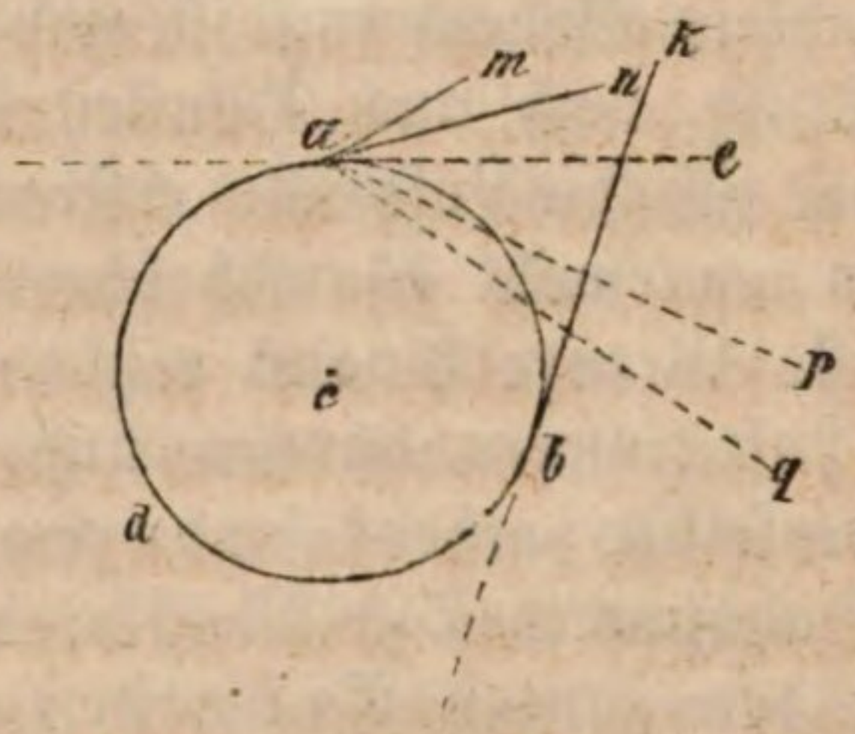


Befindet sich dagegen der Beobachter auf der krummen Linie a b d e, welche die Form der Oberfläche des Wassers versinnlichen soll, zuerst im Punkte b, wo er den ganzen Thurm sehen kann, und geht er nach d, so wird er den unteren Theil des Thurmes bis zum Punkte i nicht mehr sehen; die Linie d i ist nämlich die letzte Sehlinie, die noch vom Punkte d nach dem Thurme gezogen werden kann, ohne daß sie durch das Wasser ginge, während die tiefer liegenden Linien wie d a wie man sieht, vom Wasser aufgefangen werden. In einem noch entfernteren Punkte e ist

auch die Spitze des Thurmes nicht mehr sichtbar, weil auch die äußerste Sehlinie e c, wie man in der Zeichnung sieht, schon durch das Wasser aufgefangen wird. Nun steige man auf die Spitze des Mastes in m, so wird man von hier aus wieder die Spitze c und vielleicht noch einen Theil des obern Thurmes (in der Zeichnung bis zum Punkte o) sehen. Entfernt man sich noch weiter, so wird man an einen Punkt kommen, wo auch vom Maste ab, kein Theil des Thurmes mehr gesehen werden kann.

Dieselbe Beobachtung, die man hier auf einer Wasserreise macht, kann man auch auf dem Lande machen, nur daß man dann durch die zufälligen Unebenheiten des Bodens, durch Gebäude u. s. w. häufiger gestört wird, als auf der glatten Oberfläche des Wassers. Aus solchen Beobachtungen folgt unzweifelhaft, daß die Oberfläche der Erde gekrümmt ist, wenn auch noch nicht daraus geschlossen werden könnte, daß diese Krümmung gerade die einer Kugel ist.

4. Aus der kugelförmigen Gestalt der Erde folgt zugleich, daß man in jedem Punkte ihrer Oberfläche einen andern ganz bestimmten Theil des Raumes übersieht.



Der Kreis a b d stelle einen Durchschnitt der Erdkugel vor, der durch ihre Mittelpunkte c geht. Ein Beobachter stehe in a, er bewege den Kopf nur aufwärts und abwärts aber nicht seitwärts. Man denke sich nur eine unbegrenzte Linie a e durch den Punkt a gezogen, die den Kreis in diesem Punkte streift, so ist leicht einzusehen, daß der Beobachter nur die Gegenstände sehen wird, die über dieser Linie liegen, daß ihm dagegen sämmtliche Gegenstände unter dieser Linie verborgen bleiben. Für alle Gegenstände nämlich, welche über der erwähnten Linie liegen, sind die Sehlinien vollkommen frei, wie z. B. a m, a n; dagegen würden alle Sehlinien, die nach Gegenständen führen sollten, welche unter der erwähnten Linie liegen, von der Erde aufgefangen werden, wie z. B. die Linien a p, a q. Gegenstände die in p und q stehen, müssen daher dem Beobachter verborgen bleiben. Wenn sich nun der Beobachter, in dem er fortwährend im Punkte a

bleibt, im Kreise herumdreht, so wird er immer neue Theile des Raumes sehen, und wenn sich zugleich die Linie a e mit herumdreht, so wird sie, während dieser Umdrehung eine Ebene beschreiben, welche die Grenze bildet zwischen dem im Punkte a sichtbaren und unsichtbaren Theile des Raumes. Diese Grenze wollen wir den natürlichen Gesichtskreis oder Horizont nennen. * Von zufälligen Hindernissen, die etwa den Gesichtskreis beschränken können, wie Häuser, Bäume u. s. w. sehen wir hierbei ganz ab. Es ist nun leicht zu sehen, daß man in jedem anderen Punkte der Erde auch einen anderen natürlichen Gesichtskreis haben muß. Um z. B. den Gesichtskreis für den Punkt b zu bestimmen, muß man die Linie b k ziehen, die den Kreis a b d im Punkte b streift. In b wird man nun einen Theil des Raumes sehen, den man in a nicht sehen konnte und ebenso umgekehrt. In b sieht man z. B. den Punkt p, nicht aber den Punkt m, während man dagegen in a den Punkt m und nicht den Punkt p sieht.

5. Die ganze Erde ist mit einer Lufthülle umgeben, die man gewöhnlich die Atmosphäre nennt. Mitunter nennt man sie auch mit einem deutschen Namen den Dunstkreis, aber diese Benennung ist unpassend, da diese Hülle weder ein Kreis ist, noch aus Dünsten besteht. Wie hoch über die Erde hinauf sich die Lufthülle erstreckt, kann man bis jetzt nicht angeben, wiewohl es wahrscheinlich ist, daß sie nicht über eine gewisse Grenze hinaus reicht. Soviel aber ist ausgemacht, daß die Luft immer dünner und dünner wird, je höher man sich in derselben erhebt und zwar so, daß ihre Dichtigkeit sehr rasch abnimmt. Die Masse der Luft ist also nicht gleichmäßig durch den ganzen Raum, den sie einnimmt, vertheilt, sondern der bei weitem größte Theil dieser Masse ist in den Luftschichten enthalten, die sich in der Nähe der Erde befinden. Aus wissenschaftlichen Gründen, deren Auseinandersetzung uns hier zu weit führen würde, ergibt sich, daß man mit Hülfe eines Barometers in jeder Höhe bestimmen kann, welchen Theil der Luftmasse man unter sich hat. Wenn man sich tausend pariser Fuß über die Meeresfläche erhebt, so hat man schon un-

---

* Nur die Gegenstände, welche nicht tief unter dem Horizonte liegen, werden wegen der Strahlenbrechung, deren Wesen sogleich erläutert werden soll, noch gesehen werden.

gefähr den achtundzwanzigsten Theil der ganzen Luftmasse unter sich, steigt man 4000 Fuß hoch, schon den achten Theil. In sehr großen Höhen empfinden die meisten Menschen diese Abnahme der Dichtigkeit der Luft auf eine sehr unangenehme Weise. Im Jahre 1802 bestieg der berühmte Naturforscher Alexander von Humboldt den Chimborazo in Südamerika und kam bis nahe an den Gipfel desselben, über 18000 pariser Fuß hoch. Hier hatte er schon mehr als die Hälfte der ganzen Luftmasse unter sich. Er und seine Reisegefährten litten alle an großer Uebelkeit. Sie wurden von Schwindel befallen und hatten Drang zum Erbrechen. Das Blut drang aus dem Zahnfleisch und den Lippen und die Bindehaut der Augen war bei allen mit Blut unterlaufen. Humboldt hatte schon früher einmal in Südamerika auf dem Vulkan von Pichincha, ohne zu bluten, ein so heftiges Magenübel, von Schwindel begleitet gefühlt, daß er besinnungslos zur Erde fiel, und doch war die Höhe nur 13800 pariser Fuß. Der französische Naturforscher Boussingault, der im Jahre 1831 ebenfalls den Chimborazo bestieg, kam noch einige hundert Fuß höher. Auch er fühlte große Mattigkeit, so daß er gezwungen war, sich alle zwei bis drei Schritte nieder zu setzen. Der berühmte französische Naturforscher Gay-Lussac erhob sich im Jahre 1804 in einem Luftballon bis zur Höhe von 21,600 pariser Fuß, wahrscheinlich die größte Höhe, die je ein Mensch über dem Erdboden erreicht hat. Er erlitt aber gar kein Bluten, vielleicht weil er ruhig saß. Da, wie ich bereits erwähnt habe, die höchste Bergspitze auf der Erde nur ungefähr eine Meile hoch ist, so wären solche Luftfahrten wahrscheinlich das einzige Mittel, um sichere Auskunft über die Beschaffenheit der höheren Luftschichten zu erhalten.

Indem die Dichtigkeit der Luft unzweifelhaft mit der Höhe sehr rasch abnimmt, so ist es sicher, daß sie in einer Höhe von etwa siebenzehn Meilen schon so außerordentlich dünn seyn wird, daß wohl schwerlich dort das Athmen noch möglich seyn wird, ja selbst die feinsten Werkzeuge, durch welche wir uns von dem Vorhandenseyn der Luft überhaupt überzeugen können, würden dort nicht die geringste Spur davon zeigen.

Das Gesetz, nach welchem die Dichtigkeit der Luft mit der Höhe abnimmt, ist überall dasselbe, von welchem Punkte der Erde man auch ausgehen mag. Man hat sich daher die Be-

schaffenheit der Luft so zu denken, daß sie aus einzelnen Schichten besteht, von denen jede dichter ist, als die unmittelbar darüber liegende, abgesehen von Uregelmäßigkeiten, die etwa durch Windströmungen oder sonstige örtliche Ursachen hervorgebracht werden können.

Für die Sternkunde ist das Vorhandenseyn der Atmosphäre von der größten Wichtigkeit, indem sie bewirkt, daß man alle außerhalb der Erde befindlichen Gegenstände höher sieht als sie wirklich sind; die Luft hat, wie man sich ausdrückt, die Eigenschaft, die Gegenstände zu heben, und diese Eigenschaft nennt man die Strahlenbrechung. Es ist dieß aber keinesweges eine Eigenschaft, die nur der Atmosphäre ausschließlich zukommt, sondern vielmehr die Folge eines viel allgemeineren Naturgesetzes. Ganz besondere Fälle ausgenommen, bewirken nämlich alle durchsichtigen Körper wie z. B. Glas, Wasser, Oel u. s. w., daß man die Gegenstände, die man durch sie betrachtet, in einer anderen Höhe sieht, als man sie sonst sehen würde. Man kann sich hiervon auf die mannigfaltigste Weise durch die einfachsten Beobachtungen überzeugen. Man braucht z. B. nur einen Gegenstand zuerst mit freiem Auge und dann durch eine mit Wasser gefüllte Flasche zu betrachten, um diese Verschiebung recht deutlich zu bemerken.

Der Astronom darf daher, wenn er den Ort eines außerhalb der Erde befindlichen Gegenstandes bestimmen will, nicht unterlassen, von der scheinbaren Höhe, in welcher er den Gegenstand erblickt, den Theil abzuziehen, der von der Strahlenbrechung herrührt, um so die wahre Höhe des Gegenstandes zu erhalten. Der erste, welcher die Nothwendigkeit einsah, auf diese Eigenschaft der Luft Rücksicht zu nehmen, scheint der griechische Astronom Cleomedes (ungefähr um Christi Geburt) gewesen zu seyn, aber erst im vorigen Jahrhundert hat man sie genauer kennen gelernt. Man hat gefunden, daß die Strahlenbrechung am stärksten im Gesichtskreise ist, d. h. daß die Gegenstände am stärksten gehoben werden, wenn sie sich im Gesichtskreise befinden, bei größerer Höhe wird die Einwirkung der Strahlenbrechung, nach bestimmten Gesetzen abnehmend, immer schwächer, der Gegenstand wird immer weniger gehoben; befindet er sich nun endlich gerade über dem Scheitel des Beobachters, so hört die Einwirkung der Strahlenbrechung ganz auf, man sieht dann den Gegenstand genau in derselben Rich-

tung, in der man ihn sehen würde, wenn die Erde von gar keiner Lufthülle umgeben wäre.

Man hat sich ferner überzeugt, daß sich die Strahlenbrechung mit der Beschaffenheit der Luft ändert. Wiewohl nämlich die Bestandtheile der Luft immer dieselben bleiben, so ändert sich doch ihre Dichtigkeit; bei größerer Wärme dehnt sie sich aus, wird also dünner, während sie sich bei größerer Kälte zusammenzieht und daher dichter wird. Die Strahlenbrechung wird aber desto stärker je dichter die Luft ist. Auch die größere oder geringere Feuchtigkeit der Luft hat Einfluß auf die Stärke der Strahlenbrechung. Man hat jetzt Tafeln, in welchen, unter Berücksichtigung dieser Umstände, angegeben ist, wie viel bei einer bestimmten Höhe des Gegenstandes, jedesmal wegen der Strahlenbrechung davon abgezogen werden muß. Solche Tafeln sind dem Astronomen unentbehrlich.

6. Wäre die Erde nicht mit einer strahlenbrechenden Hülle umgeben, so würden die Tage kürzer seyn als sie wirklich sind, die Strahlenbrechung verlängert die Tage. Im Gesichtskreise ist nämlich die Hebung so stark, daß die Sonne, wenn sie eben erst im Begriffe ist aufzugehen, und in Wahrheit noch ganz unter dem Gesichtskreise ist, doch schon ganz über demselben gesehen wird. Ebenso ist es beim Untergange der Sonne; man sieht sie noch ganz, während sie schon völlig unter dem Gesichtskreise ist.

Die Strahlenbrechung bewirkt übrigens, wie sich von selbst versteht, nicht bloß bei außerirdischen Gegenständen, sondern auch bei solchen, die sich innerhalb unserer Atmosphäre befinden, ein Hebung. Bei sehr nahen Gegenständen, wo der Lichtstrahl nur durch einen geringen Theil der Atmosphäre geht, ist sie freilich sehr unbeträchtlich, aber bei weit entlegenen, wie z. B. bei entfernten Bergspitzen, ist ihr Einfluß beträchtlich genug, um ihn bei genaueren Bestimmungen nicht außer Acht zu lassen. Man nennt dieß die irdische Strahlenbrechung. Bei besonderen, freilich seltenen Zuständen der Luft, ergeben sich mitunter höchst merkwürdige Hebungen. Man sieht dann Gegenstände, die sonst unter dem Gesichtskreise liegen, ganz deutlich; es ist schon vorgekommen, daß man von England aus die neun bis eilf deutsche Meilen entfernte französische Küste gesehen hat, und dabei einzelne Punkte ganz deutlich unterscheiden konnte, mit Hülfe des Fernrohrs sah man sogar

die Fischerkähne und Häuser. Die norddeutschen Seeleute, welche ähnliche Erscheinungen seit langer Zeit beobachtet haben, nennen sie die Kimmung.

7. Eine andere Wirkung der Luft, die ebenfalls für die Sternkunde von Wichtigkeit ist, besteht darin, daß sie den Glanz der leuchtenden Gegenstände vermindert. Auch die Wirkung ist desto schwächer, je höher der Gegenstand steht, am stärksten wenn er sich in der Nähe des Gesichtskreises befindet, wie denn Jedermann weiß, daß man das Licht der Sonne, bei ihrem Auf- nnd Untergang ohne Schmerzen ertragen kann, während es am Mittage blendet. Die dichteren Luftschichten, die sich in der Nähe des Gesichtskreises befinden, schwächen nämlich das Licht viel mehr als die höher liegenden und dünneren. Wenn daher ein Gegenstand niedrig steht, und mithin ein von ihm ausgehender Lichtstrahl einen größeren Raum durch die unteren Luftschichten durchlaufen muß, so muß auch sein Licht mehr geschwächt werden, als wenn er höher steht. Hierzu kommt noch, daß die Gegenstände in der Nähe des Gesichtskreises nicht scharf begrenzt und verzogen erscheinen, namentlich wenn die Luft stark mit Dünsten angefüllt ist. Man sieht dann Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange nicht mehr als runde Scheiben, sondern gleichsam platt gedrückt, so daß die Breite mehr beträgt als die Höhe. Aus allen diesen Gründen vermeidet man, wo es irgend angeht, Beobachtungen in der Nähe des Gesichtskreises anzustellen, sondern wartet bis die Sterne höher am Himmel heraufkommen. In früherer Zeit legte man großes Gewicht darauf, eine recht freie Aussicht in der Nähe des Gesichtskreises zu haben, daher wurden die astronomischen Beobachtungen meistens auf hohen Thürmen angestellt. Seitdem man weiß, daß Beobachtungen in der Nähe des Gesichtskreises fast nie brauchbar sind, zieht man es vor, die Sternwarten auf flacher Erde anzulegen. Hierdurch gewinnt man den weit überwiegenden Vortheil, daß man die Beobachtungswerkzeuge recht fest aufstellen kann, während sie in den oberen Stockwerken hoher Gebäude nie gegen Erschütterungen geschützt werden können.

8. Hätten weder die Erde noch die Gegenstände außerhalb derselben irgend eine Bewegung, so würde ein Beobachter an irgend einem Punkte der Erde auch immer nur denselben Theil des Raumes sehen, er würde immer nur dieselben Ge-

genstände und immer nach derselben Richtung erblicken. Dem ist aber nicht so. Die Erde ist nämlich unaufhörlich in einer sehr starken drehenden Bewegung begriffen. Blos zwei bestimmte Punkte ihrer Oberfläche, die einander entgegengesetzt sind d. h. die so liegen, daß man sie durch eine gerade Linie verbinden kann, die durch den Mittelpunkt der Erde geht, bleiben hierbei in Ruhe, man nennt sie die Pole der Erde und zwar den einen, der Europa am nächsten liegt, den Nordpol, den andern den Südpol. Die sie verbindende gerade Linie nennt man die Erdachse. Um diese Achse dreht sich nun die Erde fortwährend mit einer vollkommen gleichmäßigen unveränderlichen Geschwindigkeit, d. h. sie dreht sich so, als wenn sie an den beiden Polen festgehalten würde. Die Punkte, welche in der Achse der Erde liegen, sind also die einzigen, die in Ruhe bleiben; alle übrigen Punkte aber, auf der Oberfläche, wie im Innern der Erde, bewegen sich beständig in Kreisen, deren Mittelpunkte sämmtlich in der Achse der Erde liegen. Der Leser wird wohl thun, wenn er sich zur besseren Veranschaulichung dieses Verhältnisses so wie des Folgenden eine Kugel zur Hand nimmt, die entweder an zwei gegenüber liegenden Punkten festgehalten wird, oder noch besser so durchbohrt ist, daß man eine Stange durchstecken kann, die durch den Mittelpunkt der Kugel geht, und daher die Erdachse versinnlichen kann. Am besten benutzt man hierzu einen sogenannten Erdglobus, den man um ein Billiges haben kann; dieß ist nämlich eine Kugel, auf welche die wichtigsten Punkte der Erde nach ihrer gegenseitigen Lage aufgezeichnet sind, so wie auch gewisse Kreise, von denen ich sogleich mehr sagen werde.

Die Kreise, welche die verschiedenen Punkte der Erde bei ihrer Umdrehung beschreiben, werden, wie man an jeder Kugel leicht sehen kann, immer größer, je weiter diese Punkte von dem einen oder dem andern Pole abstehen, bis zu den Punkten hin, welche genau in der Mitte zwischen beiden Polen liegen. Diese beschreiben den größten Kreis, den man den Aequator oder Gleicher nennt, weil er die ganze Erdkugel in zwei gleiche Theile theilt. Die Halbkugel, welche den Nordpol enthält, nennt man die nördliche, die andere, in welcher der Südpol liegt, die südliche. Die Kreise, welche von den außerhalb des Aequators liegenden Punkten beschrieben werden, nennt man Parallelkreise. Da sich sämmt-

liche Punkte der Erde in derselben Zeit einmal in dem Kreise, den sie beschreiben, herumbewegen, diese Kreise aber nicht dieselbe Größe haben, so folgt hieraus, daß die verschiedene Punkte sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen, und zwar so, daß die Punkte im Aequator die größte Geschwindigkeit haben, die übrigen aber eine desto kleinere, je näher sie vom Aequator ab gerechnet, dem einen oder dem andern Pole liegen. Sobald man die Größe des Durchmessers der Erde und den Ort eines Punktes auf der Erde kennt, so kann man leicht die Größe des Kreises, den dieser Punkt beschreibt, berechnen. Nehmen wir, was der Wahrheit sehr nahe kommt, den Durchmesser der Erde zu 1720 Meilen an, so beträgt die Länge des Aequators in runden Zahlen 5400 Meilen, ein Punkt in der Nähe von Karlsruhe dagegen beschreibt einen Kreis, dessen Länge nur 3540 Meilen beträgt. Während also ein Punkt im Aequator bei seiner Umdrehung 54 Meilen durchläuft, bewegt sich der Punkt in der Nähe von Karlsruhe nur durch 35 Meilen.

9. Diese drehende Bewegung der Erde ist eine der merkwürdigsten Thatsachen, welche die Sternkunde gefunden hat, und es wird um so nothwendiger seyn, sie ausführlich zu besprechen, als es viele Jahrhunderte gedauert hat, bis man darüber in's Klare gekommen ist. Ich werde zunächst an Erscheinungen erinnern, die sich in der alltäglichen Erfahrung vielfach darbieten. Schwerlich ist irgend einem Leser die merkwürdige Täuschung unbekannt, der man unterworfen ist, wenn man sich in einem geräumigen Schiffe befindet, das auf einer ruhigen Wasserfläche sanft, wenn auch noch so rasch fortgeht. So lange man seine Aufmerksamkeit nur auf die Gegenstände richtet, die sich innerhalb des Schiffraumes befinden, wird man sich nur mit Mühe der falschen Vorstellung erwehren können, daß das Schiff wirklich ruht; — man wird aus irgend welchen anderen Gründen überzeugt seyn müssen, daß das Schiff wirklich im Fortgange begriffen ist, wenn man nicht getäuscht werden soll. Der Grund dieses Irrthums ist ein ganz natürlicher. Seit der frühsten Jugend haben wir wiederholt die Bemerkung gemacht, daß, so oft wir uns bewegen, die uns umgebenden Gegenstände andere und andere Lagen gegen uns einnehmen. Gehen wir z. B. im Zimmer auf und ab, so lassen wir einen Theil der darin befindlichen Gegenstände hinter uns zurück, während wir uns wieder anderen nähern. Im Freien

haben wir Gelegenheit, dieß in noch größerem Maßstabe zu bemerken. Wir lassen Gebäude, Bäume u. s. w. rechts und links hinter uns, während wir wieder auf andere Gegenstände zugehen. Daher setzt sich bei uns der Gedanke fest, daß die uns umgebenden Gegenstände immer nothwendig in andere Lagen gegen uns kommen müssen, sobald wir uns bewegen, und indem wir diesen Satz umkehren, glauben wir mit Sicherheit annehmen zu dürfen, daß wir uns wirklich nicht bewegen, sobald die uns umgebenden Dinge ihre Lage gegen uns nicht ändern. Kommen wir nun einmal in den viel seltneren Fall, daß wir uns wirklich bewegen, aber zugleich eine große Anzahl von Gegenständen, die sich in unserer Nähe in einem geschlossenen Raume befinden, genau dieselbe Bewegung haben und daher ihre Lage gegen uns nicht ändern, so sind wir nicht im Stande uns der Macht der Gewohnheit zu entziehen, wir glauben, daß sowohl wir als die uns umgebenden Gegenstände sich in Ruhe befinden. Dieß ist genau der Fall, wenn wir in einem geräumigen Schiffe sind, sobald wir nicht etwa durch Stöße oder Schwankungen auf die Bewegung aufmerksam gemacht werden. Aber nun blicke man auf Gegenstände, die sich außerhalb des Schiffes befinden, z. B. nach dem gegenüber liegenden Ufer, so wird man allerdings eine Bewegung bemerken. Allein man wird hier einer zweiten Täuschung nicht entgehen können. Man wird nämlich jetzt allerdings bemerken, daß die außerhalb des Schiffes befindlichen Gegenstände ihre Lage gegen uns ändern, aber indem sich einmal die Vorstellung in uns festgesetzt hat, daß wir selbst ruhen, übertragen wir die Bewegung auf jene Gegenstände, selbst unter den unwahrscheinlichsten Umständen, selbst auf Dinge, von denen wir wissen, daß sie überhaupt keine Bewegung annehmen können. Felder, Waldungen, Berge und Städte, alles scheint sich in der Richtung zu bewegen, welche der Richtung unserer wirklichen Bewegung entgegengesetzt ist.

Diese merkwürdige Klasse von Irrthümern nennen wir gewöhnlich Sinnestäuschungen, aber mit Unrecht. In Wahrheit täuschen uns hierbei die Sinne gar nicht, was sie uns sagen, ist vollkommen richtig, es ist vollkommen wahr, daß die Gegenstände, innerhalb des Schiffes ihre Lage gegen uns behalten, während die außerhalb desselben ihre Lage gegen uns ändern, und mehr als dieses sagen unsere Sinne nicht aus.

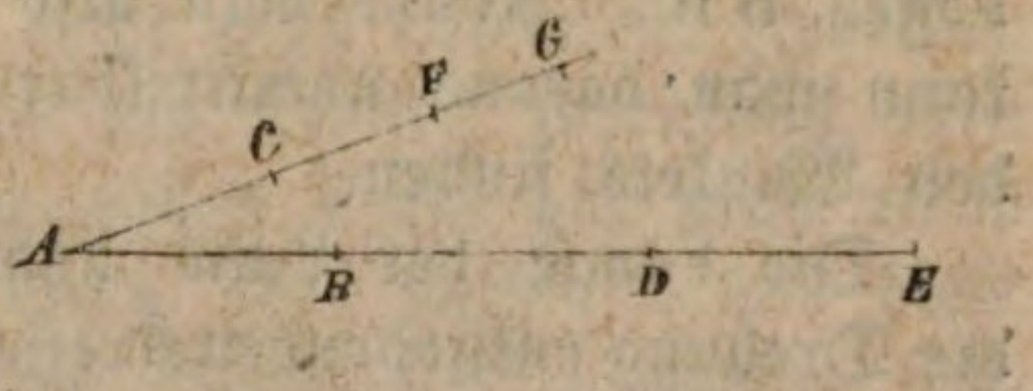
Wenn wir aber hieraus schließen, daß wir ruhen und die fernen Gegenstände sich bewegen, so ist dieser Schluß falsch.

In weit stärkerem Maße als bei dem eben besprochenen Beispiele, welches der gewöhnlichen Erfahrung entnommen ist, sind wir solcher Täuschung ausgesetzt, wenn wir die Erscheinungen beobachten, die aus der Umdrehung der Erde entspringen. Diese Bewegung ist erstens so sanft, so frei von aller Unregelmäßigkeit, daß keine Bewegung, die wir sonst kennen, ihr in dieser Beziehung vergleichbar ist. Außerdem sind es hier nicht, wie in dem früheren Beispiele, blos die uns zunächst umgebenden Dinge, die sich zugleich mit uns bewegen, sondern alles, was sich auf der Erde befindet, dreht sich gleichmäßig mit, alles behält dieselbe Lage gegen uns, so lange wir nur selbst an demselben Orte bleiben. Nicht blos der feste Kern der Erde, auch alles Gewässer, auch die Atmosphäre und die in ihr schwebenden Wolken, alles dreht sich gleichmäßig um; was Wunder, daß wir von dieser Bewegung nichts bemerken, so lange wir unsern Blick nicht über die Erde hinaus richten?

Beobachten wir dagegen Gegenstände, die sich außerhalb der Erde befinden, so muß sich an ihnen die Bewegung der Erde offenbaren, es muß uns scheinen als ob alle diese Gegenstände, so viel deren auch vorhanden seyn mögen, eine und dieselbe Bewegung haben und zwar eine solche, die der wirklichen Bewegung der Erde gerade entgegengesetzt ist. Dieß bestätigt die Erfahrung auf das Vollkommenste. Wir können wirklich nachweisen, daß es eine sehr große Menge von Gegenständen gibt, die sehr weit von der Erde entfernt sind, und sich alle ohne Ausnahme beständig auf eine und dieselbe Weise um die Erde zu drehen scheinen, während dieß in Wahrheit nur eine Täuschung ist, die sich vollkommen aus der Umdrehung der Erde erklärt. Hier betreten wir das eigentliche Gebiet der Sternkunde, deren wesentlichste Aufgabe in der Untersuchung über die Entfernung und Bewegung der außerirdischen Körper besteht. Es wird aber unerläßlich seyn hier, ehe wir weiter fortschreiten, zuerst einige Auskunft über die Werkzeuge zu geben, deren man sich bei diesen Untersuchungen bedient.

Zweites Hauptstück.

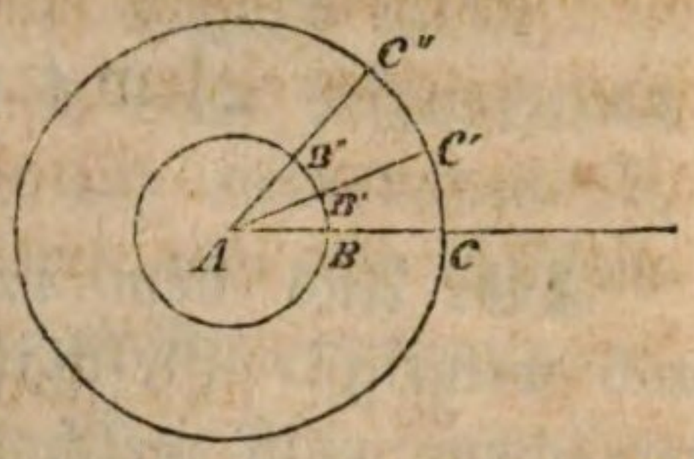
10. Aus dem vorhergehenden ergibt sich, daß das erste und wichtigste Geschäft des Astronomen darin besteht, zu untersuchen, nach welchem Gesetze sich die Lage der außerirdischen Gegenstände in Beziehung auf seinen Standpunkt ändert. Diese Aenderung wird immer durch einen Winkel bestimmt, dessen Spitze im Standpunkte des Beobachters liegt. Z. B. ein Beobachter in A sieht zuerst einen Gegenstand nach der Richtung A B.



Der Gegenstand ändert seine Lage so, daß diese nun nach der Richtung A C sieht, so bestimmt der Winkel, den die Linien A B und A C einschließen, die Aenderung der Lage. Hierbei kommt es begreiflich nur auf die Richtung, nicht auf die Entfernung des Gegenstandes an. Es ist in Beziehung auf die Aenderung der Richtung ganz einerlei, ob der Gegenstand zuerst in B oder in D oder in E war, und ob er später in C oder in F oder in G ist, die Aenderung der Lage gegen den Punkt A bleibt in allen Fällen dieselbe.

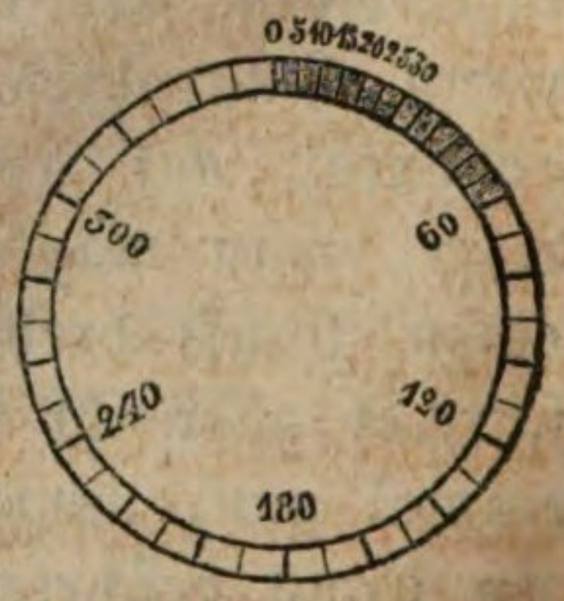
Die Werkzeuge, welche zur Messung der Winkel dienen, haben in ihrer gegenwärtigen Ausbildung einen so verwickelten Bau, ihre Einrichtung beruht auf so mannigfachen Vorkenntnissen, die ich hier nicht mittheilen kann, daß es eine nutzlose Mühe wäre, wenn ich es versuchen wollte, sie ausführlich zu beschreiben. Es wird für unseren Zweck vollkommen genügen, wenn ich nur ihre einfachsten Bestandtheile erläutere. Der Grundgedanke, auf welchem sie beruhen, ist folgender. Wenn eine Linie, man mag sie nun länger oder kürzer nehmen, sich um einen Punkt dreht, so beschreibt sie einen Winkel, zugleich beschreibt aber ihr Endpunkt einen Kreisbogen. Hat sich die Linie einmal ganz umgedreht, so hat auch ihr Endpunkt einen ganzen Kreis beschrieben. Der Kreisbogen, den der Endpunkt und der Winkel, den die Linie beschreibt, stehen im genauesten Zusammenhange, so daß einem doppelt so großen Winkel auch ein doppelt so großer Kreisbogen entspricht, und so in allen

übrigen Fällen. Dreht sich z. B. die Linie A B um den Punkt A und kommt sie in die Lage A B′, so entspricht dem Winkel, den die Linie A B und A B′ einschließen, der Kreisbogen B B′. Kommt nun die Linie bei weiterer Drehung nach B″ und hat sie sich hierbei nochmals um eben so viel wie vorher fortbewegt, so daß der Winkel, den die Linie A B und A B″ einschließen, doppelt so groß ist, als der Winkel der zwischen den Linien A B und A B′ enthalten ist, so ist auch der entsprechende Kreisbogen B B″ doppelt so groß als der Kreisbogen B B′. Kennt man also die Größe des Kreisbogens, so kann man daraus unmittelbar die Größe des ihm entsprechenden Winkels finden.



Die Länge der Linie und also auch die Größe des durch die Drehung entstehenden Kreises ist hierbei zunächst ganz gleichgültig. Nimmt man statt der Länge A B die Länge A C, so wird auch der Kreisbogen C C″ das Doppelte des Kreisbogens C C′ seyn, man kann daher die Winkel durch Bogen des größeren Kreises ebenso bestimmen, wie durch Bogen des kleineren.

Nach diesen Grundsätzen wird nun das Werkzeug zum Winkelmessen auf folgende Weise gebaut: Ein (gewöhnlich aus Messing gearbeiteter) Kreis wird in eine bestimmte Anzahl gleicher Kreisbogen getheilt. An und für sich ist es gleichgültig, wie groß diese Anzahl ist, es hat sich aber seit uralter Zeit der Gebrauch festgesetzt, 360 Theile zu nehmen, die man Grade nennt. Die Theile werden durch feine Striche angedeutet; man zählt sie von irgend einem Striche, welchen man den Nullpunkt nennt, anfangend bis zu 360 fort und setzt die entsprechenden Zahlen, gewöhnlich von zehn zu zehn Graden, daneben wie folgende Figur zeigt.



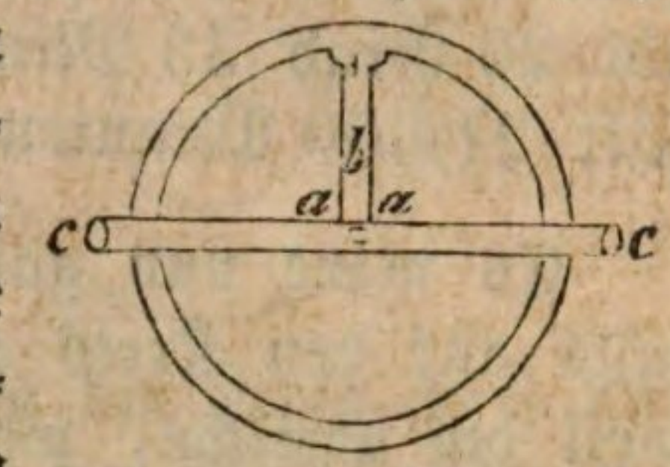
Ein Winkel, der einem Grade entspricht ist aber noch viel zu groß, als daß man dabei stehen bleiben könnte, man hat daher den Grad wieder in 60 gleiche Theile getheilt, die man Minuten nennt, und die Minuten wieder in 60 gleiche Theile, welche Sekunden heißen * Man

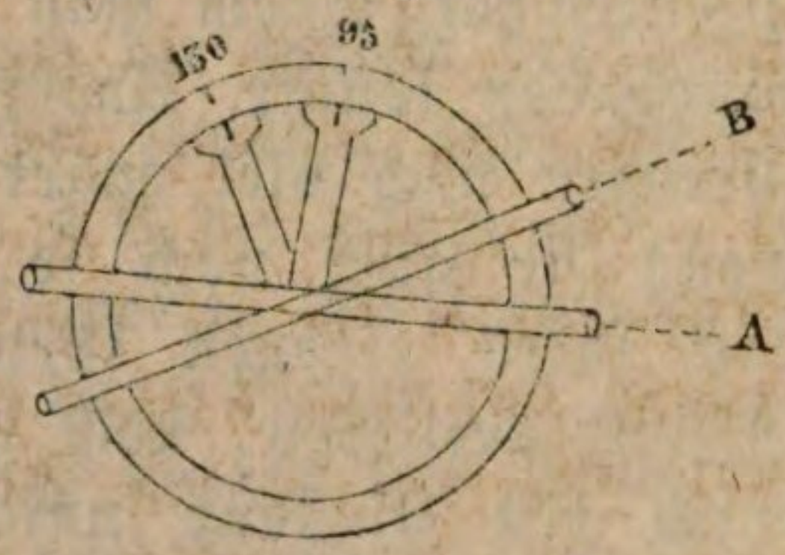
* Der Leser wird hier ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, diese Bogen-Minuten und Sekunden, welche im Folgenden vielfach vorkommen, nicht mit den Minuten und Sekunden zu verwechseln, welche sich auf die Zeit beziehen.

bezeichnet gewöhnlich die Grade durch einen kleinen Ring (°), die Minuten durch einen kleinen Strich (′), die Sekunden durch zwei solcher Striche, so daß z. B. 20° 35′ 42″ so viel heißt als 20 Grad 35 Minuten 42 Sekunden. Der ganze Kreis enthält 21,600 Minuten oder 1,296,000 Sekunden.

Es wäre nun ganz unmöglich, diese feine Eintheilung ebenfalls auf den Kreis aufzutragen und durch Striche anzudeuten, weil die Striche, wenn sie auch noch so fein ausgeführt wären, schon breiter würden, als die Zwischenräume, welche durch sie begrenzt werden sollen. Freilich könnte man denken, es käme nur darauf an, einen recht großen Kreis zu nehmen, damit auch diese Zwischenräume recht groß ausfielen. Indessen sieht man bald, daß die Größe des Kreises jedenfalls ihre Grenzen hat, indem man einen zu großen Kreis gar nicht mehr handhaben könnte. Andere Rücksichten aber nöthigen uns diese Grenzen noch viel enger zu ziehen. Große Kreise werden sich, wenn sie auch noch so sorgfältig gearbeitet sind, unter der Last ihres eigenen Gewichtes biegen und ihre ursprüngliche Gestalt verlieren, noch gewisser werden sie solchen Biegungen durch den Umstand unterworfen seyn, daß die Wärme das Metall ausdehnt, und die Aenderungen der Wärme in der Luftmasse, welche den Kreis umgibt, nicht auf alle Theile desselben gleichmäßig einwirken werden. Diese und ähnliche Umstände machen, daß man den Kreisen nicht leicht einen größeren Durchmesser als drei Fuß gibt, was einer Länge des Kreises von weniger als zehn Fuß entspricht. Sollte nun ein Kreis von 10 Fuß oder 1440 Linien Länge in Sekunden getheilt werden, so würden mithin 1,296,000 Sekunden auf 1440 Linien kommen, d. h. der Raum, den eine Sekunde einnimmt, würde $^1/_{900}$ Linie betragen, eine Größe, die nur durch gute Mikroskope erkannt werden kann. Selbst der Raum, der eine Minute einnehmen würde, und der $^1/_{15}$ Linie betrüge, würde mit freiem Auge nicht mehr gut unterschieden werden können. Dennoch ist es aber der vereinten Anstrengung der Astronomen und der Künstler gelungen, durch mancherlei Einrichtungen und namentlich durch den Gebrauch des Mikroskops, die Meßwerkzeuge in solcher Vollendung herzustellen, daß man im Stande ist, einen Winkel noch bis auf Bruchtheile einer Sekunde genau zu messen.

Man denke sich nun eine hohle Röhre c c, die sich um den Mittelpunkt des Kreises drehen, und auf dem ganzen Kreise herumführen läßt, und überall gleich weit vom Kreise absteht. Mit der Röhre ist in der Mitte ein Arm a a fest verbunden, welcher senkrecht darauf steht und mit einem Zeichen, etwa einem Striche b, versehen ist. So wie die Röhre gedreht wird, dreht sich mithin der Arm um eben so viel. Will man nun den Winkel bestimmen, den die Richtungen nach zwei Gegenständen hin mit einander einschließen, wenn man diese von einem bestimmten Standpunkte aus betrachtet, so bringe man den Mittelpunkt des Kreises in diesen Standpunkt und stelle den Kreis waagerecht. Die zwei Gegenstände mögen A und B heißen. Nun richte man die Röhre, welche sich heben und senken läßt, auf A und merke sich an welcher Stelle des Kreises das Zeichen b steht, z. B. bei 95 Grad; alsdann drehe man die Röhre bis man durch dieselbe B erblickt, das Zeichen wird nun an einer anderen Stelle des Kreises, z. B. bei 130 Grad, stehen. Mithin weiß man, daß die Röhre sich um einen Kreisbogen von 35 Grad gedreht hat, der gesuchte Winkel also einem Bogen von 35 Grad entspricht, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, ein Winkel von 35 Grad ist. Statt der hohlen Röhre, deren sich die älteren Astronomen wirklich bedienten, wendet man jetzt ein Fernrohr an. Ich bemerke hier nur im Allgemeinen, daß hierdurch die Schärfe der Messungen ungemein erhöht worden ist, auch abgesehen von dem Vortheile, daß man durch das Fernrohr Gegenstände sehen kann, die dem freien Auge unsichtbar sind. Später werde ich mehr von der Einrichtung des Fernrohrs sagen.





Das oben Gesagte kann eine Vorstellung von der Grundform aller Werkzeuge geben, die zu Winkelmessungen gebraucht werden. Nach den verschiedenen besonderen Zwecken und nach dem Grade der Feinheit, welchen man mit ihnen zu erreichen wünscht, erscheinen sie in ihrer Bauart vielfach abgeändert und

erhalten verschiedene Namen, wie Theodolit, Meridiankreis u. s. w.

11. Das Verfahren bleibt im Wesentlichen dasselbe, wenn statt zweier Gegenstände A und B nur ein Gegenstand vorhanden ist, der sich von einem Punkte A nach einem Punkte B bewegt und man die Größe dieser Aenderung der Lage bestimmen will. Nur wird in diesem Falle, welcher gerade der wichtigste für die Sternkunde ist, die Beschaffenheit der Bewegung nur dann ganz bekannt seyn, wenn man zugleich weiß, wie viel Zeit der Gegenstand gebraucht hat, um von dem einen Punkte zum andern zu rücken. Der Astronom muß also auch ein Werkzeug haben, um die Zeit genau zu messen. Die älteren Astronomen bedienten sich hierzu der Sand- und Wasseruhren, auch der Sonnenuhren, aber alle diese Vorrichtungen, so wie auch die später erfundenen Taschenuhren hatten keine für die Zwecke der Sternkunde ausreichende Genauigkeit. Erst als Huyghens, den wir noch später als einen ausgezeichneten Astronomen kennen lernen werden, die Pendeluhren im Jahre 1656 erfunden hatte, zeigte sich die Aussicht, den zeitmessenden Werkzeugen eine Vollkommenheit zu geben, die sie zu genaueren astronomischen Bestimmungen brauchbar machte. Durch diese Erfindung ist die Sternkunde ungemein gefördert worden, und die Pendeluhren sind seit jener Zeit so sehr vervollkommnet worden, daß der Astronom mit ihrer Hülfe die Zeit bis auf Zehntheile einer Sekunde genau bestimmen kann. Da man jedoch die Pendeluhren nur da brauchen kann, wo sie eine feste Aufstellung haben, also nicht auf Schiffen oder auf Landreisen, so war es ein sehr wichtiger Fortschritt, als der englische Mechaniker Harrison * ein Mittel fand, auch den tragbaren Uhren,

---

* John Harrison wurde im Jahre 1693 in der Grafschaft York in England geboren. Sein Vater war ein Zimmermann und bestimmte ihn zu demselben Handwerke. Nebenbei beschäftigte er sich aber mit mechanischen Arbeiten und fand namentlich an der Uhrmacherkunst Geschmack. Schon im Jahre 1726 verfertigte er zwei sehr vorzügliche Pendeluhren, aber seinen Ruf verdankt er den Chronometern, die er seit dem Jahr 1735 zu verfertigen anfing. Nachdem er mancherlei Verbesserungen daran gemacht hatte, legte er der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in London eine solche Uhr vor, welche von dieser gelehrten Körperschaft als eine höchst vortreffliche Arbeit anerkannt und mit einer goldenen Medaille belohnt wurde. Im Jahre 1761

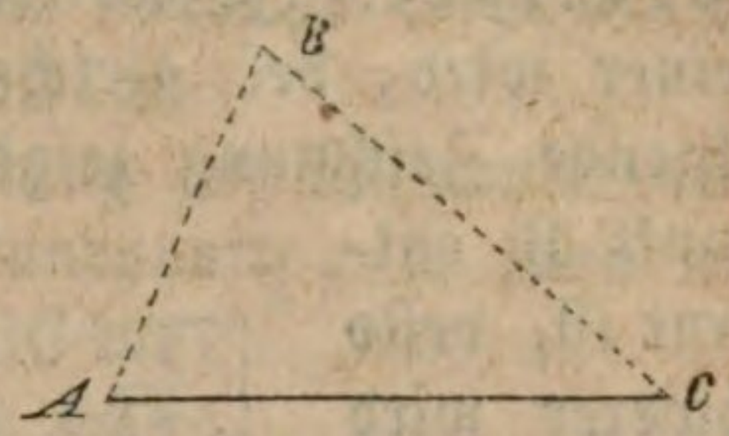
wie es unsere Taschenuhren sind, eine solche Einrichtung zu geben, daß sie eben so genau, wie die Pendeluhren gehen. Solche feine tragbare Uhren nennt man Chronometer. In besonderem Rufe stehen jetzt die Chronometer, welche ein deutscher Künstler, Kessels in Altona, verfertigt. Wie weit die Vollkommenheit dieser Werkzeuge gediehen ist, kann man daraus abnehmen, daß eine Pendeluhr oder ein Chronometer, welche in 24 Stunden eine Unregelmäßigkeit in ihrem Gange zeigen, die nur eine Sekunde beträgt, nicht mehr zu den guten gezählt werden.

12. Die Werkzeuge, welche zur Winkelmessung, also zur Bestimmung der Richtung dienen, werden zugleich zu einem andern wichtigen Zwecke verwendet, nämlich um die Entfernung der außerirdischen Gegenstände zu bestimmen. Die hierauf bezüglichen Angaben der Astronomen werden nicht selten mit einer Art von Mißtrauen aufgenommen, weil der Uneingeweihte nicht einsieht, wie es möglich ist, die Entfernung von Gegenständen zu bestimmen, zu welchen man nicht gelangen kann. Soll diese Aufgabe mit aller Sorgfalt gelöst werden, so verlangt sie allerdings die Berücksichtigung einer Menge feiner Untersuchungen, die hier nicht am Orte sind. Der Grundgedanke, auf welchem die Lösung beruht, ist aber ein höchst einfacher und das Verfahren im Wesentlichen dasselbe, welches auch auf der Erde angewendet wird, um die Entfernung verschiedener Punkte von einander zu finden, da wo es beschwer-

---

machte er ein Chronometer, welches nicht größer als eine gewöhnliche große Uhr und dabei ein Meisterwerk der Kunst war. Dieses legte er der Regierung vor, welche dasselbe auf einer Seereise erproben ließ; es wurde so gut befunden, daß dem Künstler eine Belohnung von 5000 Pfund Sterling zuerkannt wurde. Nachdem seine Chronometer noch mehre Proben mit dem glänzendsten Erfolge bestanden hatten, erhielt er im Jahre 1774 noch 5000 Pfund. Das englische Parlament hatte nämlich schon im Jahre 1714 einen Preis von 10,000 Pfund für den Erfinder einer Methode ausgesetzt, die Länge eines Ortes auf dem Meere mit Genauigkeit zu bestimmen, was ich später (§. 24) ausführlicher erläutern werde. Dieß wurde durch die Erfindung des Chronometers vollständig geleistet. Harrison starb im Jahre 1776 in einem Alter von 83 Jahren. Nicht lange vor seinem Tode gab er eine kleine Schrift über die Chronometer heraus, welche aber zeigt, daß er besser mit Uhrfedern als mit Schreibfedern umzugehen wußte.

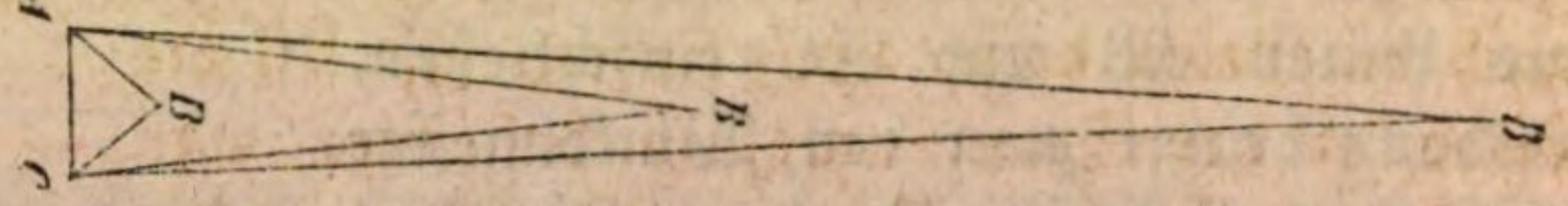
lich oder unmöglich ist, diese Entfernung unmittelbar, d. h. dadurch zu finden, daß man wirklich von dem einen Punkte nach dem andern hingeht. Man befindet sich z. B. im Punkte A und will die Entfernung eines Gegenstandes finden, der im Punkte B steht, so mißt man zuerst auf dem Boden eine gerade Linie AC, bringt den Winkelmesser (§. 10) in den Punkt A, richtet das Rohr nach C, dann nach B, wodurch man den Winkel erfährt, den die Linien AB und AC einschließen, alsdann bringt man den Winkelmesser nach C und bestimmt ebenso den Winkel, den die Linien AC und BC einschließen. Die drei Linien AB, AC und BC bilden ein Dreieck, welches vollkommen bestimmt ist, d. h. es ist nicht möglich, wenn die Länge der Linie AC und die Lage der zwei Linien AB und BC gegen diese Linie bestimmt ist, daß die Linien AB und BC sich in noch einem anderen Punkte als dem ganz bestimmten Punkte B schneiden können. Die Länge dieser Linien, d. h. die Entfernung des Punktes B sowohl vom Punkte A als vom Punkte C ist mithin eine unabänderlich bestimmte, sobald die Größe der Standlinie AC und die Winkel bei A und C bestimmt sind, und die Meßkunde lehrt, wie man sie auf eine einfache Weise und ohne eine Zeichnung zu Hülfe zu nehmen — welche bei Entfernungen, die viele tausend Meilen betragen, unausführbar wäre — darnach berechnen kann.

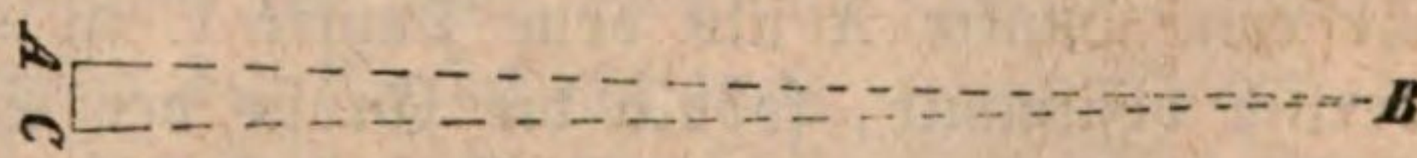


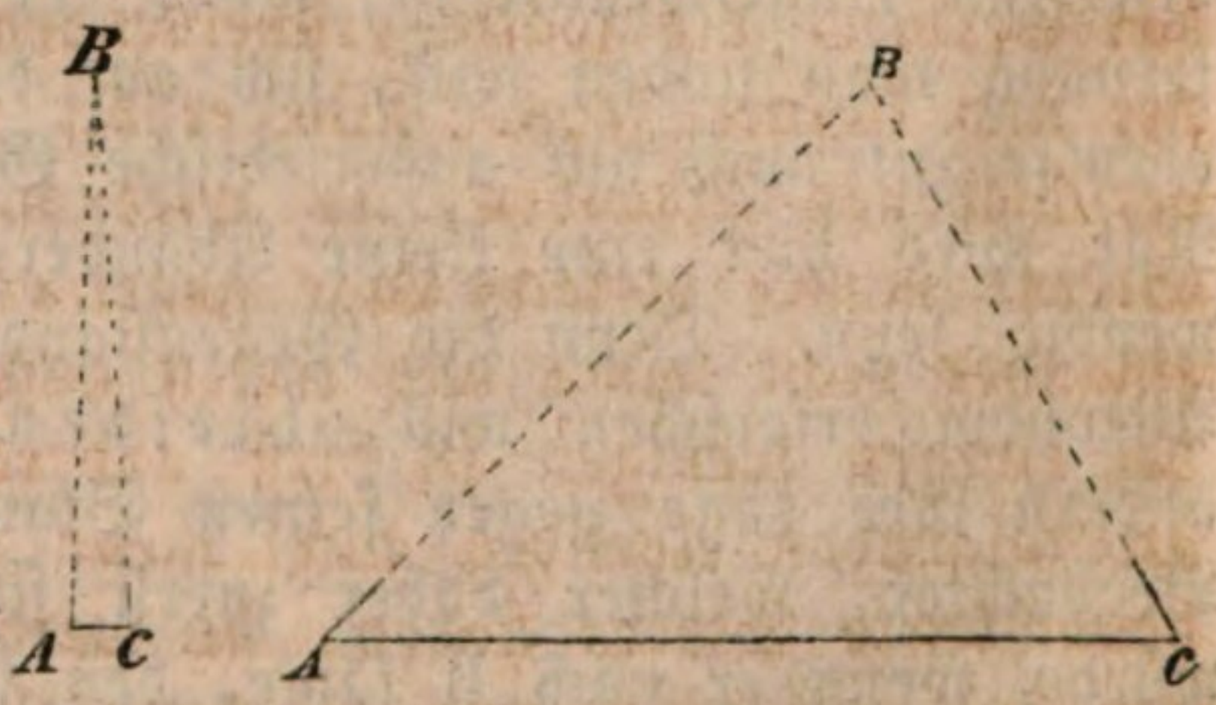
Man sieht leicht, daß dieses Verfahren durchaus nicht auf den Fall eingeschränkt ist, wenn der Gegenstand, dessen Entfernung man finden will, sich auf der Erde befindet, sondern eben so gut auch auf außerirdische Gegenstände anwendbar ist. Nur wird hier eine kleine Abänderung des Verfahrens nothwendig seyn. Denn die Gegenstände, deren Entfernung der Astronom erforschen will, bleiben nicht stehen, sondern ändern ihre Lage gegen seinen Standpunkt fortwährend. Ein Beobachter, welcher daher zuerst sich im Punkte A befindet, würde, wenn er nach B käme, den Gegenstand nicht mehr an derselben Stelle finden. Um dieß zu vermeiden, können sich aber zwei Beobachter verbinden, die beide mit Winkelmessern und genauen Uhren versehen sind und in demselben Zeitpunkte,

der eine in A, der andere in C, die Winkel bestimmen, welche die Linien AB und BC in diesem Zeitpunkte mit der Linie AC einschließen.

Man bemerke noch Folgendes: den Winkel, den die zwei Linien AB und CB im Punkte B einschließen, nennt man die Parallaxe. Je weiter der Gegenstand B entfernt ist, desto kleiner wird, bei gleicher Standlinie AC die Parallaxe, wie folgende Zeichnung zeigt. Mit andern Worten, je weiter der Punkt B entfernt ist, desto schwerer wird es, von der Standlinie AC aus, das Zusammenlaufen der Linien AB und CB zu bemerken. Es kann nun der Gegenstand so weit entfernt seyn, daß dieses Zusammenlaufen ganz unmerklich wird, daß, mit anderen Worten, die Parallaxe zu klein wird, um selbst durch die feinsten unserer Winkelmesser bestimmt zu werden. In diesem Falle wird es also scheinen, als ob die Linien AB und CB dieselbe Richtung hätten, wie folgende Zeichnung zeigt, man wird daher nicht mehr das Dreieck bestimmen können, welches diese Linien bilden, und mithin auch nicht mehr die Entfernung des Punktes B vom Punkte A. Wenn aber das Zusammenlaufen der Linien bei einer kleineren Standlinie nicht mehr bemerkbar ist, so kann es wieder hervortreten, wenn wir die Standlinie beträchtlich größer wählen, wie die beistehende Zeichnung nachweist. Je größer mithin die Entfernung des Gegenstandes ist, desto größer wird man auch die Standlinie nehmen. Indessen kann diese Entfernung so beträchtlich seyn, daß selbst die größte Standlinie, die man nehmen kann, nicht ausreicht. In diesem Falle muß man auf die Messung der Entfernung verzichten. Jedoch kann man dann wenigstens eine Gränze angeben, außerhalb welcher diese Entfernung liegen muß. Unsere Meßwerkzeuge

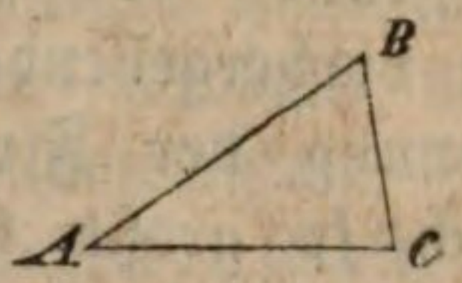






sind nämlich so fein, daß sie das Zusammenlaufen der Linien noch deutlich anzeigen, selbst, wenn die Entfernung hunderttausendmal größer ist als die Standlinie; wir werden sogar finden, daß man mit Meßwerkzeugen, wie sie in der neuesten Zeit gebaut werden, noch weiter gehen kann. Die Entfernung wird also erst dann nicht mehr meßbar seyn, wenn sie mehr als das Hunderttausendfache der Standlinie beträgt.

13. Kennt man einmal die Entfernung der Endpunkte einer geraden Linie von einem gewissen Standpunkte, so kann man auch die Größe dieser Linie finden. Ist BC die Linie, A der Standpunkt, so bestimme man durch den Winkelmesser den Winkel, den die Richtungen AB und AC einschließen, berechne die Größe der Linien AB und AC, dadurch ist das Dreieck, dessen dritte Seite die Linie BC bildet, und mithin auch die Größe dieser Linie vollkommen bestimmt, welche man dann nach leichten Regeln berechnen kann.



Nach diesen Vorbereitungen kehre ich wieder zu den Betrachtungen zurück, die ich am Ende des ersten Abschnittes verlassen habe.

Drittes Hauptstück.

14. Man betrachte an einem heitern Abend nach Untergang der Sonne den Himmel. Man wird zuerst an verschiedenen Stellen des Himmelsgewölbes einzelne helle Sterne bemerken; je dunkler es wird, desto mehr Sterne werden sichtbar werden, die später erscheinenden werden aber immer kleiner und kleiner seyn. Wiederholt man diese Betrachtung an verschiedenen Abenden, so wird man finden, daß fast alle Sterne immer dieselbe Lage gegen einander behalten, sie rücken einander nicht näher und treten auch nicht aus einander. Nur bei einigen wenigen ist dieß anders. Diese letzteren werden an folgenden Abenden nicht mehr genau dieselbe Lage gegen benachbarte Sterne haben, sie werden sich vielmehr von einigen entfernt haben und anderen näher gerückt seyn, weßwegen man sie auch Irrsterne oder häufiger Planeten nennt. Diese Ausnahmen lassen wir für den Augenblick bei Seite, wir werden ihnen dafür später eine besondere Aufmerksamkeit wid-

men. Halten wir uns zunächst an die große Menge Sterne, die immer in derselben Lage gegen einander bleiben und die man eben deßwegen feste Sterne oder gewöhnlich Fixsterne nennt.

Zunächst wird man leicht einsehen, daß es eine bloße Täuschung ist, wenn man zu sehen glaubt, daß alle diese Sterne gleichsam in das blaue Himmelsgewölbe eingefügt sind, eine Täuschung, der man schon bei irdischen Gegenständen nicht entgehen kann. Wir versetzen alle fernen Gegenstände, mag ihre Entfernung auch noch so verschieden seyn, an den blauen Hintergrund, den die Luft bildet. Versucht man es, nach dem im vorhergehenden Abschnitte erläuterten Verfahren, die Entfernung der Fixsterne zu messen, so findet man, daß keine noch so große Standlinie, die man auf der Erde abmessen kann, hierzu ausreicht, selbst nicht, wenn man die möglichst größte, d. h. den 1720 Meilen großen Durchmesser der Erde, hierzu wählt. Wie weit aus einander die Punkte auf der Erde immer liegen mögen, von welchen man Linien nach einem Fixsterne zieht, es wird nie ein Zusammenlaufen dieser Linien bemerkbar seyn, vielmehr wird man von allen Punkten der Erde aus den Fixstern immer nach derselben Richtung sehen. Wenn man an einem Punkte der Erde die Richtung, in der man den Fixstern sieht, bestimmt hätte, und man ginge nach einem andern Punkte, so würde man gar keine Aenderung in der Richtung bemerken, man würde glauben können, noch immer in demselben Punkte zu seyn. Gegen die Entfernung der Fixsterne gehalten, schwindet also die Größe der ganzen Erde in einen Punkt zusammen.

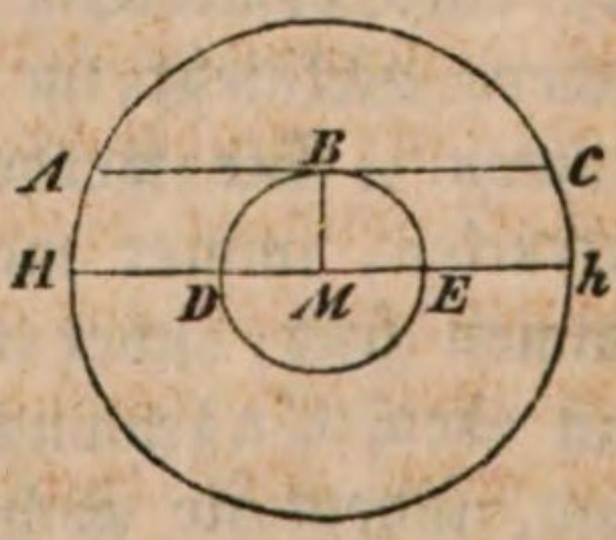
Nach §. 12 folgt hieraus, daß die Fixsterne mehr als hunderttausend Erddurchmesser, d. h. mehr als 172 Millionen Meilen von uns entfernt seyn müssen. Wenn uns ferner manche Fixsterne größer, andere kleiner erscheinen, so zeigt eine genauere Untersuchung, daß auch hierin eine Täuschung liegt; in Wahrheit sehen wir die Sterne nicht größer und kleiner, sondern diejenigen, die ein stärkeres Licht haben, erscheinen größer als die andern, die weniger hell leuchten. Dieß rührt von der besonderen Einrichtung unseres Auges her, welches uns alle leuchtenden Gegenstände größer zeigt, als sie wirklich sind und zwar desto größer, je stärker sie leuchten. Betrachtet man die Sterne durch ein Fernrohr, so verschwindet dieser Schein, die Sterne erscheinen nicht mehr als Schei-

ben, sondern als Punkte, und je besser das Fernrohr, desto feiner sind die Punkte.

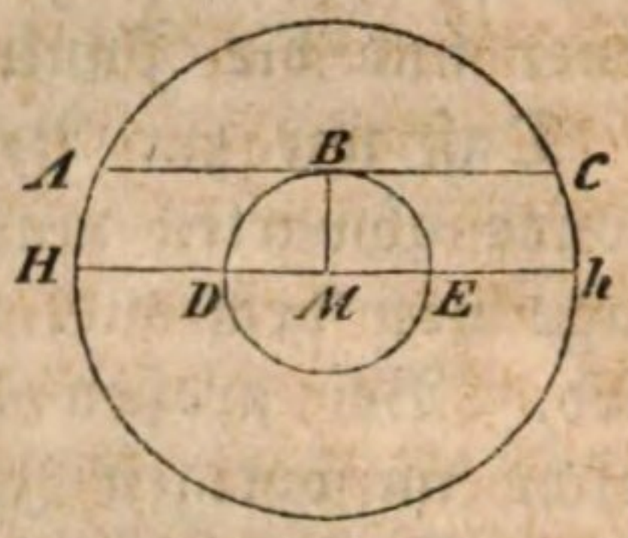
Daß wir zur Betrachtung der Sterne den Untergang der Sonne abwarten müssen, rührt davon her, daß ihr Glanz am Tage von dem viel mächtigeren Glanze der Sonne überstrahlt wird. Bei großen Sonnenfinsternissen, wie z. B. bei der, welche im vorigen Jahre (den 8. Juli 1842) statt hatte, haben viele Beobachter Sterne gesehen. Auch wo das Sonnenlicht sonst auf irgend eine Weise abgehalten wird, wie z. B. in tiefen engen Gruben, kann man unter günstigen Umständen die Sterne mit freiem Auge am Tage sehen. Sobald man aber Fernröhre anwendet, hat es keine Schwierigkeit, die Sterne, die nicht allzunahe bei der Sonne stehen, selbst am hellen Mittag zu erblicken, wie denn wirklich auf allen Sternwarten fortwährend Beobachtungen der Sterne am Tage angestellt werden.

15. So lange es uns nur darauf ankommt, die Richtung zu bestimmen, in der wir die Sterne sehen, ist es nach einer früheren Bemerkung (§. 10) ganz gleichgültig, in welchem Punkte dieser Richtung die Sterne stehen, d. h. wie weit sie entfernt sind. Es schadet daher so lange gar nicht, wenn wir, dem Schein nachgebend, uns die Sterne alle in gleicher und sehr großer Entfernung von uns denken, mithin so, als ob sie sämmtlich in einer ungeheuer weit entfernten Kugel lägen, in deren Mittelpunkt wir selbst sind. Freilich ist die Erde kein Punkt, aber wie wir bemerkt haben, kann sie im Verhältniß zur Entfernung jener eingebildeten Himmelskugel als ein solcher angesehen werden. Wo wir uns daher auch immer auf der Erde befinden, sind wir im Mittelpunkte der eingebildeten Himmelskugel.

Nun bezeichne der kleine Kreis D B E die Erdkugel, der größere H A C die Himmelskugel, M sei der gemeinschaftliche Mittelpunkt der Erd- und Himmelskugel. Für einen Beobachter an irgend einem Punkte B der Erde würde der natürliche Horizont durch die Linie A C angedeutet werden (§. 4). Man sieht also eigentlich weniger als die Hälfte der Himmelskugel, und zwar so viel weniger, als das Stück beträgt, welches zwischen dem



natürlichen Horizont und einer Ebene enthalten ist, die man mit dem Horizont gleichlaufend durch den Mittelpunkt der Erde legen kann und die durch die Linie H h angedeutet wird. Da aber die Linie B M gegen die Entfernung der Himmelskugel gehalten, in einen Punkt zusammenschwindet, so kann man sagen, daß man von jedem Punkt der Erde aus, denselben Theil der Himmelskugel übersieht, den man übersehen würde, wenn der Horizont durch den Mittelpunkt der Erde ginge, mit anderen Worten, die halbe Himmelskugel.



Aus diesem Grunde nimmt man, statt des natürlichen Horizontes, die ihm gleichlaufende Ebene, die durch den Mittelpunkt der Erde geht und nennt sie den Horizont.

Wo ich im Folgenden vom Horizont schlechthin spreche, werde ich immer dieses Wort in der zweiten Bedeutung nehmen.

Wenn nun die Erde sich um ihre Achse dreht, welche scheinbare Bewegung müssen die Sterne an der Himmelskugel zeigen? (§. 9). Sehen wir, was die Erfahrung darüber lehrt!

Wenn man in hellen Nächten das Gesicht nach Norden wendet, so daß man also die Himmelsgegend, in welcher die Sonne aufgeht, Osten zur Rechten und die Gegend, in welcher sie untergeht, Westen, zur Linken hat, so wird man leicht Sterne finden, die das ganze Jahr hindurch und zu jeder Zeit in der Nacht sichtbar sind. So ist es z. B. bei den sieben hellen Sternen, die unter dem Namen des großen Bären oder des Wagens bekannt sind. Bestimmt man zu irgend einer Zeit in der Nacht ihre Lage gegen den Horizont oder sonst gegen irgend einen irdischen Gegenstand, so wird man bald bemerken, daß sie nicht in dieser Lage verharren, sondern vielmehr im Laufe der Nacht in immer andere Lagen kommen. Sie werden sich, indem sie von Osten nach Westen fortrücken, immer mehr erheben, bis sie zu einem Punkte gekommen sind, über welchen sie nicht hinausgehen und welchen man den Culminationspunkt nennt. Sie sinken nämlich dann, indem sie noch immer fortrücken, wieder herunter bis zu einem Punkte, welcher unter allen, die sie überhaupt erreichen, der tiefste ist. Von diesem Punkte aus erheben sie sich wieder, während sie unausgesetzt in derselben Richtung fortgehen,

bis sie zuletzt wieder genau in demselben Punkte eintreffen, in welchem man sie zuerst gesehen hat. Dann wiederholen sie dieselbe Bewegung genau auf dieselbe Weise.

Man wird sie freilich nicht während ihres ganzen Laufes mit unbewaffnetem Auge sehen können, weil es dazwischen Tag wird (§. 14), in den langen Winternächten wird man sie aber wenigstens schon dann sehen, wenn sie ihren höchsten Punkt noch nicht erreicht haben und auch noch, nachdem sie bereits in ihrem tiefsten Punkte angekommen waren. Hieraus kann man schon mit Wahrscheinlichkeit schließen, auf welche Weise sie sich auch während der Zeit ihrer Unsichtbarkeit bewegen. Hat man ein brauchbares Fernrohr, so kann man ihren Lauf auch am Tage verfolgen, und es zeigt sich dann, daß sie wirklich in der angegebenen Weise fortrücken.

Schon eine oberflächliche Beobachtung zeigt, daß jeder dieser Sterne sich unaufhörlich in einem Kreise herumdreht, und die Anwendung von Meßwerkzeugen läßt hierüber gar keinen Zweifel. Man fasse nun einen dieser Kreise besonders in's Auge, so wird man sehen, daß sein Mittelpunkt genau in der Mitte liegt, zwischen dem tiefsten und höchsten Punkte, welchen der Stern erreicht. Man denke sich ferner diesen Mittelpunkt mit dem Punkte, in welchem der Beobachter steht, durch eine gerade Linie verbunden; diese Linie würde, wenn sie in Gedanken bis an die Himmelskugel verlängert würde, dort einen Punkt treffen, den man den Nordpol nennt. Nun wird die Beobachtung zeigen, daß der Kreis, den irgend einer dieser Sterne beschreibt, desto kleiner wird, je weniger der Stern vom Nordpol entfernt ist. In dem Nordpol selbst steht freilich kein Stern, aber ganz in der Nähe desselben ist ein heller Stern, der eben deßwegen Polarstern genannt wird, welcher einen sehr kleinen Kreis beschreibt. Weiter entfernt sind schon die erwähnten Sterne im großen Bären und jeder derselben beschreibt einen desto größeren Kreis, je größer seine Entfernung vom Nordpole ist.

Aber bei allen diesen und bei anderen, die noch weiter vom Nordpole abstehen, bemerkt man gleichmäßig, daß sie sich im höchsten Punkte ihrer Bahn um eben so viel über die Linie erheben, die man nach dem Nordpole gezogen hat, als sie in ihrem tiefsten Punkte unter dieselbe herabsinken. Es ist leicht hieraus zu schließen, und die Erfahrung bestätigt es

vollkommen, daß man allmählig an einen Stern kommen muß, der im tiefsten Punkte seiner Bahn so tief unter die erwähnte Linie herabsinkt, daß er alsdann bis an den Horizont kommt, oder diesen zu streifen scheint.

Wie ist es aber bei Sternen, die noch weiter vom Pole abstehen? Auch diese bewegen sich in kreisförmigen Bahnen, die noch immer mit zunehmender Entfernung vom Pole immer weiter werden; aber sie können nicht mehr einen ganzen Kreis über dem Horizonte beschreiben, weil der tiefste Punkt, den sie erreichen würden, nun schon unter dem Horizont fallen muß und zwar desto tiefer, je weiter der Stern vom Pole absteht. Bei diesen Sternen bemerkt man daher, daß sie auf eine ähnliche Weise, wie die Sonne, auf- und untergehen. Sie sind nicht immer über dem Horizonte, sondern werden erst sichtbar, wenn sie im Osten am Horizonte erscheinen, rücken dann nach Westen hin, immer höher herauf bis zu einem höchsten Punkte und sinken hierauf auf der Westseite wieder herab, wo sie endlich am Horizonte verschwinden. So wird man im Laufe der Nacht immer neue Sterne im Osten heraufkommen sehen, während andere im Westen untergehen.

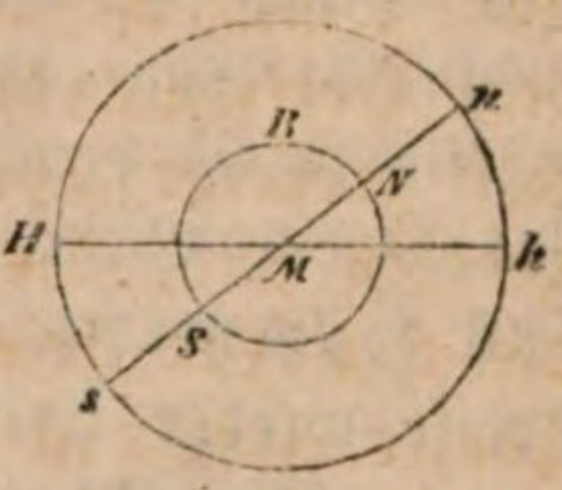
Die Kreise selbst werden, wie gesagt, immer größer, so wie die Entfernung des Sterns vom Nordpole zunimmt, aber das Stück dieses Kreises, welches der Stern wirklich über dem Horizonte durchläuft, wird immer kleiner, weil ein immer größerer Theil desselben unter den Horizont fällt. Dieß geht so fort, bis man an einen Stern kommt, der nur noch die Hälfte seines Kreises über dem Horizonte beschreibt. Dieser Kreis ist aber zugleich der größte unter allen, die überhaupt beschrieben werden. Er ist nicht bloß größer als die Kreise der Sterne, welche dem Nordpole näher stehen, sondern zugleich auch größer als die Kreise derjenigen Sterne, die noch weiter vom Pole abstehen. Betrachtet man nämlich diese, so findet man zwar, daß die Kreisstücke, die sie über dem Horizonte durchlaufen, noch immer kleiner werden, so wie die Entfernung vom Pole zunimmt, aber die Kreise erweitern sich nun nicht mehr bei größerer Entfernung, sondern werden vielmehr immer enger, so daß die Höhe, bis zu welcher sich der Stern über den Horizont erhebt, immer mehr abnimmt.

Die Sterne ändern sämmtlich, während dieser Bewegung, ihre Lage nur gegen irdische Gegenstände, unter einander

behalten sie dagegen, wie schon erwähnt wurde (§. 14), immer genau dieselbe Lage. Bilden z. B. drei Sterne ein bestimmtes Dreieck, so werden sie, wie sie sich auch fortbewegen, immer dasselbe Dreieck bilden, sie müssen also, wie sich hieraus ergibt, eine ganz gleichmäßige Bewegung haben, so daß ein Stern wie der andere seinen Kreis genau in derselben Zeit durchläuft und alle zu gleicher Zeit wieder in die Punkte zurückkehren, in welchen man sie zuerst gesehen hat.

Die Bewegung ist aber zugleich für jeden einzelnen Stern eine völlig gleichförmige. Man könnte sich nämlich die Möglichkeit denken, daß zwar alle Sterne gleichmäßig fortrückten, aber alle etwa in einer Stunde den zehnten Theil und in der nächsten den fünften Theil, in der darauf folgenden vielleicht nur den zwanzigsten Theil ihres Kreises durchliefen. Dieß ist aber nicht der Fall, vielmehr findet man, wenn man die feinsten Meßwerkzeuge und Uhren zu Hülfe nimmt, daß jeder Stern in jedem bestimmten Zeitraume genau denselben Theil seines Kreises durchläuft, wie in jedem folgenden eben so großen Zeitraume.

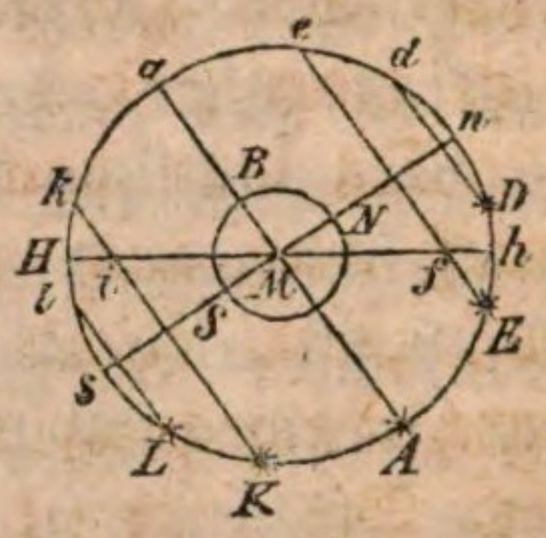
16. Alles dieß erklärt sich nun einfach aus der Umdrehung der Erde. Der Kreis H n h s bezeichne die Himmelskugel, der Kreis B N S die Erdkugel.



Ein Beobachter stehe in B, sein Horizont werde durch die Linie H h bezeichnet. Die Punkte N und S seyen der Nord- und Südpol der Erde, also N S die Achse um welche sich die Erde dreht (§. 8). Dreht sich nun die Erde von Westen nach Osten, so dreht sich der Beobachter und sein Horizont mit. Es wird also das Ansehen haben als ob sich die eingebildete Himmelskugel mit allen daran befindlichen Sternen in der entgegengesetzten Richtung, also von Osten nach Westen drehen, und zwar um eine Achse, welche nichts anderes ist, als die bis an die Himmelskugel verlängerte Erdachse und die man die Himmelsachse nennt. Die zwei Punkte n und s, in welchem die Himmelsachse die Himmelskugel trifft, werden daher die einzigen seyn, die zu ruhen scheinen, man nennt sie die Himmelspole, und zwar den Pol n, der dem Nordpol der Erde entspricht, den Nordpol des Himmels, den Pol s, der dem Südpol der Erde entspricht, den Südpol

des Himmels. Der Nordpol ist sichtbar, weil er bei uns über dem Horizont liegt, der Südpol liegt unter dem Horizonte und ist unsichtbar.

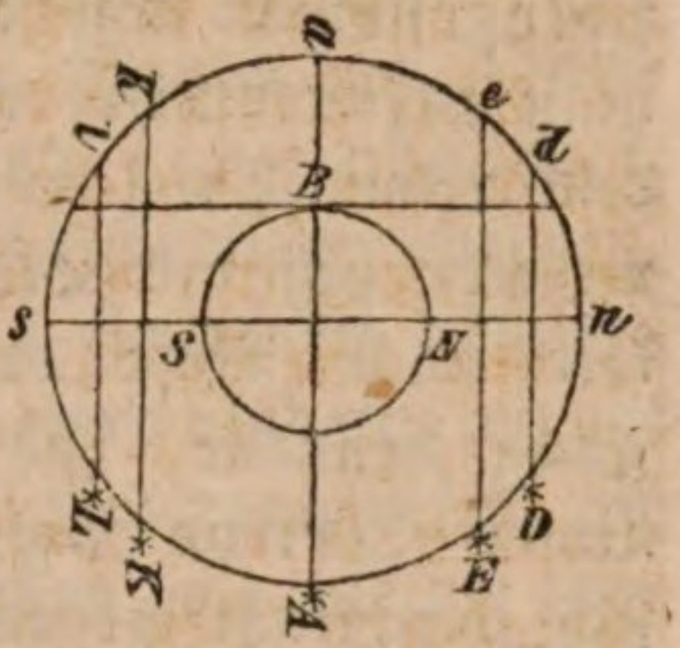
Alle Sterne, die nicht im Pole stehen, scheinen Kreise zu beschreiben, welche nichts anderes sind, als das Abbild der Kreisbewegung der Erde. So wie die Punkte der Erde, je weiter sie von den Polen abstehen, immer größere und größere Kreise beschreiben, bis zu einem der der größte ist und in der Mitte zwischen beiden Polen liegt (§. 8), so wird dieß auch bei der scheinbaren Bewegung der Sterne der Fall seyn.



Ein Stern in D in der Nähe des Nordpols n des Himmels, beschreibt scheinbar einen Kreis der durch D d bezeichnet wird. Dieser Kreis liegt ganz über dem Horizonte H h, d. h. wie sich auch der Horizont fortdrehen mag, man verliert den Stern nie aus den Augen; so ist es bei den erwähnten Sternen des großen Bären. Einen größeren Kreis, der durch E e bezeichnet wird, beschreibt der Stern in E, aber man sieht daß von diesem Kreise ein kleineres Stück E f unter, ein größeres über dem Horizonte liegt, der Stern wird nur während des größeren Theils seiner scheinbaren Kreisbewegung sichtbar seyn. Ein Stern A, der von beiden Polen gleich weit entfernt ist, beschreibt den größten Kreis, von dem die Hälfte über die Hälfte unter dem Horizonte liegt. Diesen Kreis, der dem Aequator der Erde (§. 8) entspricht, nennt man den Aequator des Himmels. Weiter nach dem Südpole hin werden die Kreise wieder kleiner, hier kommt man an einen Stern K, der den größten Theil seines Kreises unter uns nur den kleineren k i über dem Horizonte beschreibt. Zuletzt kommt man hier an einen Stern L, der immer unter dem Horizonte bleibt, und ebenso bleiben alle Sterne, die dem Südpole noch näher stehen, immer unter dem Horizonte, sind also, wie der Südpol selbst, nie sichtbar.

So erscheint die Bewegung der Fixsterne in unsern Gegenden. Geht man weiter nach Süden, so wird man Sterne über den Horizont herauf kommen sehen, die man früher nicht sah, dafür werden die nördlichen Sterne dem Horizonte immer näher kommen und zuletzt verschwinden. Auffallend verschieden wird man den Anblick des Himmels finden, wenn man

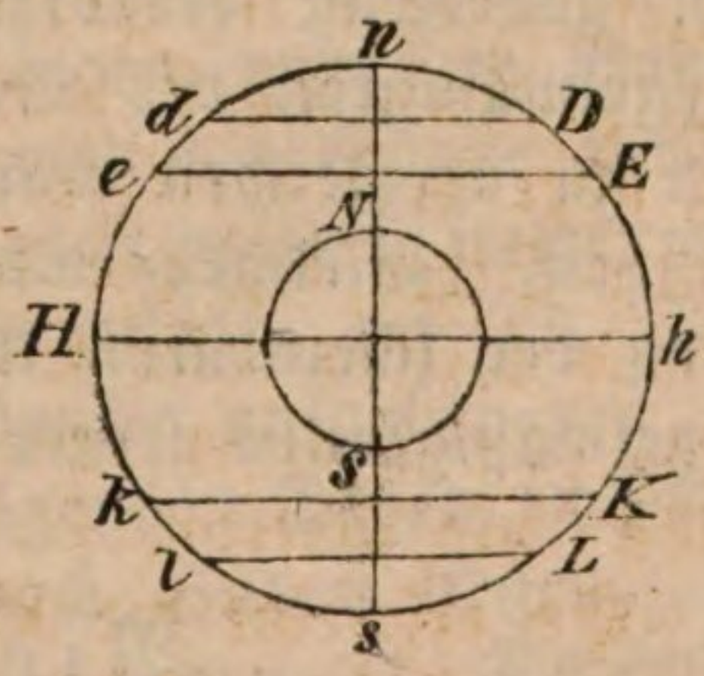
so weit fortgeht, bis man nach einem Punkte des Erdäquators kommt.



Ist B ein solcher Punkt, der gleichweit vom Nord- und Südpol absteht, so liegen nun, wie man sieht, die Pole der Erde, also auch die Erd- und Himmelsachse, im Horizont. Der Horizont theilt mithin die sämmtlichen Kreise, welche die Sterne um diese Achse beschreiben, in zwei Hälften, so daß die eine über, die andere unter dem Horizonte liegt. Mithin blieb hier jeder Stern eben so lange über als unter dem Horizonte.

Da man nach Punkten des Erdäquators gelangen kann, so weiß man auch aus Erfahrung, welchen Anblick dort der Himmel zeigt. Nicht minder interessant muß es seyn, die scheinbare Bewegung der Sterne von den Erdpolen aus zu betrachten. Bis jetzt ist aber, so weit unsere Nachrichten reichen, kein Mensch bis zu diesen Punkten vorgedrungen, da ungeheure Eismassen den Zugang versperren. Versucht hat man es oft genug, man hat Schiffe eigens zu diesem Zwecke ausgerüstet, besonders um den Nordpol zu erreichen, dem man, wie es scheint, näher kommen kann, als dem Südpole. Besonderen Ruhm haben in unserer Zeit die Nordpolfahrten der kühnen englischen Seefahrer Parry und Roß erlangt, aber wiewohl sie sehr weit vordrangen, das Ziel konnten sie nicht erreichen.

Indessen läßt sich leicht sagen, welche Erscheinungen sich dort darbieten werden. Befindet sich ein Beobachter in N was wieder den Nordpol bezeichnen soll, so hat er den Nordpol des Himmels über seinem Scheitel, der Himmelsäquator liegt mithin in seinem Horizonte. Die sämmtlichen Sterne, welche auf der nördlichen Halbkugel des Himmels liegen, werden daher ihre Kreise ganz über dem Horizonte beschreiben und immer sichtbar bleiben, während die Sterne, die auf der südlichen Halbkugel des Himmels liegen, nie über den Horizont herauf kommen. Am Südpol muß das Verhältniß umgekehrt seyn, die Sterne der südlichen Halbkugel sind immer sichtbar, die der nördlichen immer unsichtbar.



17. Die merkwürdige Eigenschaft der Umdrehung der Erde, daß sie völlig gleichförmig ist, hat seit uralter Zeit das Menschengeschlecht auf den Gedanken geführt, sie als das Grundmaß anzunehmen, nach welchem alle Zeit gemessen wird. Durch das Wort Tag bezeichnen wir die Dauer der Zeit, während welcher sich die Erde einmal um ihre Achse dreht, weßwegen wir auch diese drehende Bewegung die tägliche Bewegung nennen. Genauer bezeichnen wir diese Zeit durch das Wort Sterntag, weil man, wie wir bald sehen werden, sich veranlaßt gefunden hat, im bürgerlichen Leben nach einem anderen Zeitmaße zu rechnen, das man ebenfalls einen Tag nennt, welches aber um ein Geringes vom Sterntage verschieden ist. Der Sterntag wird in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten, die Minute in 60 Sekunden getheilt. Man hat Uhren, welche Sternzeit angeben, d. h. welche so eingerichtet sind, daß der Stundenzeiger 24 Stunden durchläuft, während die Erde sich einmal um ihre Achse dreht, man nennt sie Sternuhren.

Es ist durch die genauesten Beobachtungen, wie durch die feinsten mathematischen Betrachtungen außer allen Zweifel gesetzt, daß die Umdrehungszeit der Erde sich seit Jahrtausenden nicht merklich geändert hat. So ergibt sich z. B. aus den Mittheilungen des berühmten griechischen Astronomen Hipparchos (160 v. Chr.) daß sich seit seiner Zeit der Tag gewiß nicht um $^1/_{200}$ einer Sekunde geändert hat.

Keine andere bekannte Bewegung in der Natur hat eine solche Gleichförmigkeit, keine menschliche Kunst ist im Stande ein Werkzeug hervorzubringen, welches im Entferntesten an Regelmäßigkeit des Ganges mit der vollkommensten aller Uhren zu vergleichen wäre, die wir in der Umdrehung der Erde besitzen. Vielmehr muß der Astronom durch fleißige Beobachtung der scheinbaren täglichen Bewegung der Fixsterne, die Unregelmäßigkeiten seiner künstlichen Uhr erkennen und verbessern.

Viertes Hauptstück.

18. Betrachten wir nun einmal das Verhältniß der Sonne zur Erde. Daß sie in einer näheren Beziehung zu uns steht, als die Fixsterne, zeigt sich sogleich in dem Umstande, daß ihre Entfernung meßbar ist. Vorläufig begnüge ich mich diese

Entfernung in runden Zahlen zu zwanzig Millionen Meilen anzugeben. Die Sonne zeigt ebenfalls eine tägliche Bewegung ähnlich der der Fixsterne, aber doch nicht völlig dieselbe. Ein Beobachter in unsern Gegenden wird die Sonne im Osten über seinen Horizont herauf kommen sehen, sie geht auf, wie wir sagen, sie wird einen Kreis zu beschreiben scheinen, indem sie immer höher und höher steigt, bis sie einen höchsten Punkt erreicht hat, dann ist Mittag. Sie wird alsdann wieder herabsinken, und zuletzt im Westen unter den Horizont sinken, sie geht unter. Diese Bewegung erklärt sich eben so, wie die tägliche Bewegung der Fixsterne, aus der Umdrehung der Erde. In Wahrheit steht die Sonne still, aber indem wir uns im Kreise herumdrehen, scheint sich die Sonne in einem solchen zu bewegen. Bei genauerer Beobachtung findet man indessen bald, daß bei der Bewegung der Sonne, noch eine scheinbare Unregelmäßigkeit statt findet, die sich nicht aus der Umdrehung der Erde erklären läßt. Jeder Fixstern beschreibt nämlich täglich denselben Kreis, er erscheint und verschwindet immer an derselben Stelle des Horizontes. Eben so müßte es bei der Sonne seyn, wenn ihre Bewegung nur das Abbild der täglichen Bewegung der Erde wäre. Allein dem ist nicht so. Man fange z. B. den 21. März an die Sonne zu beobachten, man merke sich die Stelle des Horizontes, in welchem die Sonne aufgeht, z. B. gerade hinter einem bestimmten Baume. An dem folgenden Tagen wird man bemerken, daß die Sonne in anderen Punkten des Horizonts aufgeht, welche immer weiter nach Norden liegen. So geht dieß fort bis zum 21. Juni. An diesem Tage wird der Punkt des Horizontes, in welchem die Sonne aufgeht, am weitesten nach Norden von dem Baume abstehen. In den folgenden Tagen wird die Sonne zurückzukehren scheinen. Der Aufgangspunkt rückt wieder immer näher zu dem Baume hin, bis die Sonne zuletzt, am 23. September, wieder genau in demselben Punkte aufgeht, wie am 21. März. Alsdann wird sie an den folgenden Tagen in Punkten aufgehen, welche immer weiter nach Süden liegen, am weitesten wird sie sich in dieser Richtung den 21. Dezember entfernt haben. Dann kehrt sie scheinbar wieder zurück, sie geht in Punkten auf, die dem Baume wieder immer näher und näher liegen, bis sie zuletzt den 21. März wieder gerade hinter dem Baume aufgeht; dann wiederholen sich dieselben Erscheinungen

wieder auf die nämliche Weise. Dasselbe findet man, wenn man statt des Aufganges der Sonne ihren Untergang beobachtet.

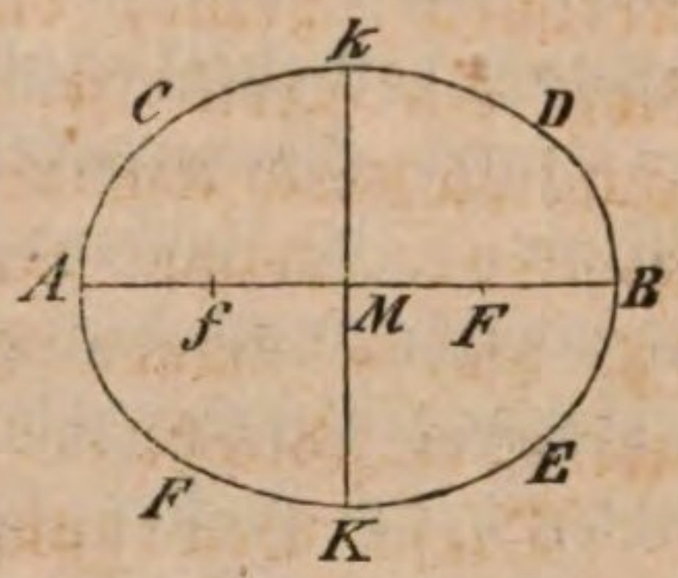
Statt den Ort der Sonne mit einem irdischen Gegenstande zu vergleichen, beziehe man ihn auf die Fixsterne, so wird man Folgendes bemerken. Ein Stern, der an einem bestimmten Tage in der Abenddämmerung am westlichen Horizont erscheint, wird einige Tage später schon untergegangen seyn, wenn die Sonne untergeht, dagegen wird sich nun ein Stern, der weiter nach Westen stand, im westlichen Horizonte befinden, es hat also den Anschein, als ob die Sonne von dem ersten Sterne weg und zum zweiten weiter nach Osten hin fortgerückt sey. Denkt man sich die Sterne in ihrer wechselseitigen Lage, wie sie am Himmel erscheinen, auf eine Kugel gezeichnet, und verbindet man diejenigen, welche die Sonne nach und nach zu erreichen scheint, durch eine Linie, so findet man, daß diese Linie ein Kreis ist, der den Aequator an zwei entgegensetzten Punkten durchschneidet, und mit diesem — also auch mit allen Kreisen, welche die Sterne täglich zu beschreiben scheinen (§. 16) — einen Winkel von ungefähr 23 Grad und 28 Minuten einschließt.

Diese Bewegung der Sonne ist für den Menschen von der größten Wichtigkeit, denn von ihr hängt die verschiedene Länge der Tage und Nächte, der Wechsel der Jahreszeiten und die Beschaffenheit der verschiedenen Erdstriche ab, wie ich dieß später erläutern werde.

Wenn die Sonne wie ein Fixstern immer an derselben Stelle der Himmelskugel bliebe, wenn sie also täglich denselben scheinbaren Kreis durchliefe, so würden auch die Tage und Nächte an jedem bestimmten Orte der Erde, eine unveränderliche Länge haben, die Sonne würde einen Tag nicht höher über den Horizont steigen als den andern, nnd damit würde auch der Wechsel der Jahreszeiten, und alles was damit zusammenhängt, wegfallen.

Die für uns so wichtige Bewegung der Sonne ist aber ebenfalls keine wirkliche, sondern, wie die tägliche Bewegung, eine scheinbare, hervorgerufen durch eine zweite Bewegung der Erde, die wir jetzt genauer betrachten wollen. Bisher haben wir nur von einer Drehung der Erde gesprochen. Dabei war jeder Punkt der Erde in fortwährender Bewegung, aber die Erde, als Ganzes genommen, dachten wir uns als

beständig in derselben Stelle des Raumes beharrend. Dieß ist aber nicht der Fall. Die Erde ändert nämlich ihren Ort im Raume fortwährend, indem sie die an derselben Stelle im Raume beharrende Sonne in einer weiten Bahn umkreist. Diese in sich selbst zurücklaufende Bahn ist aber nicht, wie man früher glaubte, ein Kreis, sondern eine andere krumme Linie, die man Ellipse nennt. Es wird daher vor allen Dingen nöthig seyn, dem Leser einige Aufschlüsse über die Beschaffenheit dieser Linie zu geben. Sie besitzt eine Menge merkwürdiger Eigenschaften, deren Entwickelung jedoch mehr mathematische Vorkenntnisse voraussetzt, als von dem Leser gefordert werden kann. Es ist daher ein angenehmer Zufall, daß wir die Entstehung dieser Linie ohne alle mathematischen Betrachtungen in's Klare bringen können. Man denke sich eine gerade Linie A B, auf dieser wähle man zwei Punkte f und F, die um ein Beliebiges von einander abstehen. In diesen zwei Punkten befestige man einen Faden von beliebiger Länge, nur daß diese Länge mehr als der Abstand der zwei Punkte f und F beträgt. Nun spanne man den Faden vermittelst eines Stiftes und führe den Stift an dem Faden, den man dadurch immer gespannt erhält, fort, so wird der Stift die krumme Linie A C D B beschreiben, dieß ist die halbe Ellipse; wiederholt man nun auf der andern Seite der Linie A B dasselbe Verfahren, so beschreibt der Stift natürlich eine ganz gleiche Linie A F E B, welche die zweite Hälfte der Ellipse bildet. Die geschlossene krumme Linie A C D B E F A ist alsdann eine vollständige Ellipse.

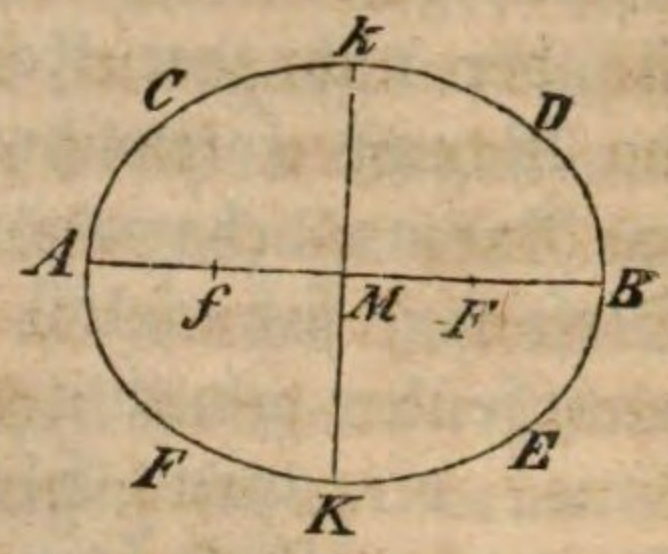


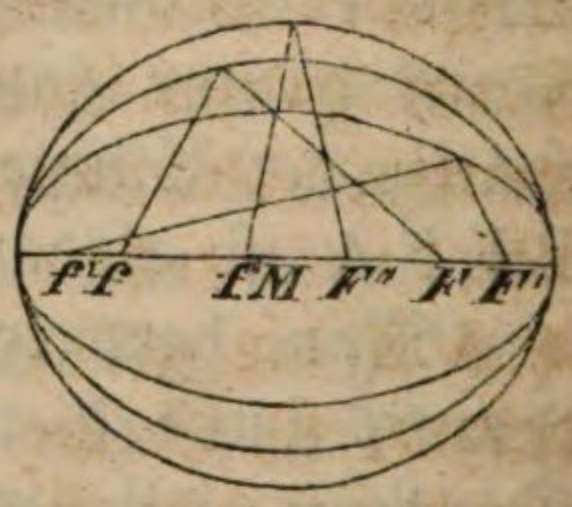
Man bemerke folgende Kunstausdrücke. Die zwei festen Punkte f und F nennt man die Brennpunkte der Ellipse.* Die Linie A B, welche die Brennpunkte enthält, und von einem

---

* Wenn man einen Spiegel hat, der nicht wie unsere gewöhnlichen Spiegel eine ebene Fläche, sondern in der Form eines elliptischen Bogens ausgeschliffen ist, und man bringt in den einen Brennpunkt z. B. in f einen leuchtenden Körper z. B. eine glühende Kohle, so werden alle Lichtstrahlen die der Körper auf den Spiegel wirft, in dem anderen Brennpunkte F vereinigt. Ein brennbarer Gegenstand der sich im Punkte F befindet, kann auf diese Weise angezündet werden, daher der Name Brennpunkt.

Punkte der Ellipse bis zum entgegengesetzten geht, nennt man die große Achse. Der Punkt M, der in der Mitte der großen Achse und zugleich in der Mitte zwischen den beiden Brennpunkten liegt, heißt der Mittelpunkt der Ellipse; zieht man durch diesen Punkt eine Linie k K senkrecht auf die große Achse, und verlängert sie bis sie die Ellipse auf beiden Seiten schneidet, so nennt man dieß die kleine Achse. Man wird bei einiger Ueberlegung einsehen, daß die große Achse genau die Länge des Fadens hat, den man zur Bildung der Ellipse angewendet hat. Hieraus ergibt sich zugleich, daß man eine Menge verschiedener Ellipsen bilden kann, die alle dieselbe große Achse haben. Sobald man nämlich dieselbe Länge des Fadens beibehält, aber die beliebig zu wählende Entfernung der zwei Brennpunkte ändert, erhält man auch eine andere Ellipse. In dieser Beziehung bemerke man noch Folgendes. Je weiter man die zwei Brennpunkte auseinander legt, desto geringer ist die Höhe bis zu der man den Faden ausspannen kann, desto flacher, oder wie man sich ausdrückt, desto gestrekter ist die Ellipse. Je mehr man hingegen die Brennpunkte zusammenrücken läßt, desto mehr nähert sich die Ellipse der Kreisform. Läßt man die zwei Brennpunkte in der Mitte der Ellipse zusammen fallen, so geht die Ellipse in einen Kreis über. Die folgende Figur wird dieß noch anschaulicher machen. In denselben gehören die Brennpunkte f und F, f′ und F′, f″ und F″ zusammen.





Den Abstand des Mittelpunktes der Ellipse von jedem Brennpunkte nennt man die Excentricität, je größer die Excentricität ist, desto gestreckter ist die Ellipse. Ist die Excentricität sehr klein so ist auch die Ellipse sehr wenig vom Kreise verschieden.*

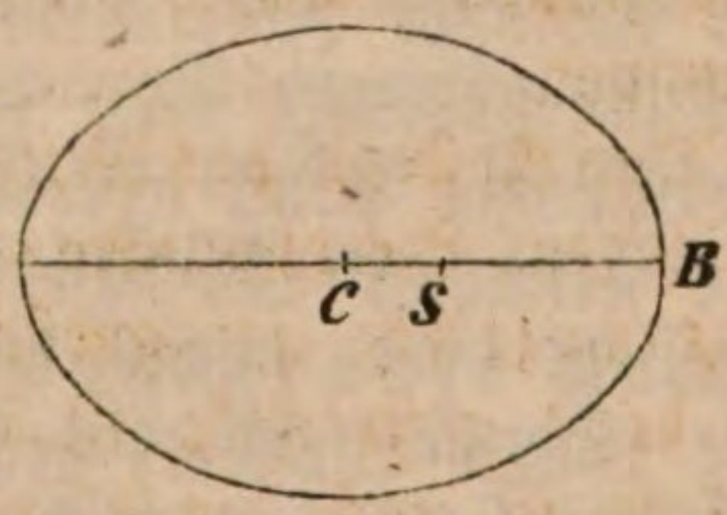
19. Die Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt,

---

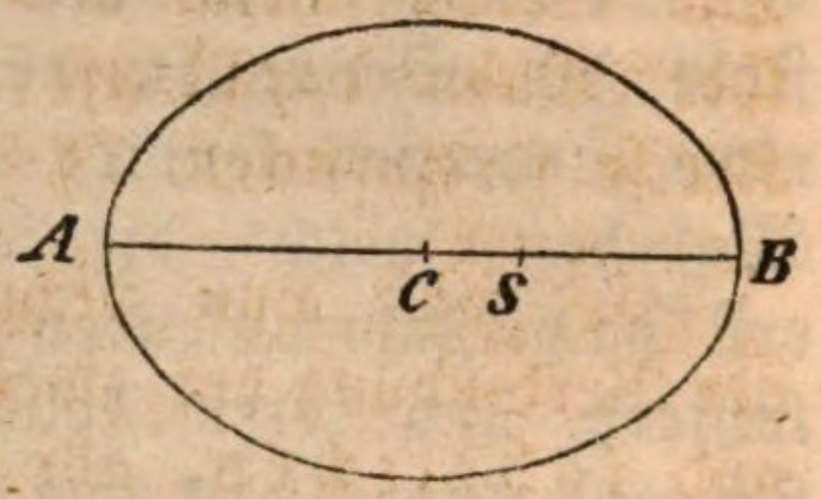
* Wenn die Ellipse nur mäßig vom Kreise abweicht, hat sie eine sehr gefällige Form und wird aus diesem Grunde von Künstlern und Handwerkern vielfach benützt, man nennt sie dann gewöhnlich eine Ovale. Es hat sich aber daraus die falsche Vorstellung gebildet, als ob nur solche Ovalen die wahren Ellipsen seyen.

die Erdbahn, ist nun ebenfalls eine solche Ellipse, und zwar steht die Sonne in dem einen Brennpunkte nicht, wie man etwa erwarten könnte, im Mittelpunkte. Diese merkwürdige Wahrheit, welche die fortgesetzte Anstrengung der Astronomen erst nach Jahrtausenden aufgefunden hat, soll nun genauer erläutert, und deren Folgen entwickelt werden. Zunächst ergibt sich aus dem, was wir über die scheinbare Bewegung der Fixsterne gesagt haben, mit Nothwendigkeit, daß die Erde während ihres Laufes um die Sonne nie in Schwankungen gerathen kann, im Gegentheil behält ihre Drehungsachse immer dieselbe Richtung im Raume. Wäre das nicht der Fall, so müßte sich die Lage der Himmelsachse auf entsprechende Weise ändern. Die Kreise, welche die Sterne zu beschreiben scheinen, würden ebenfalls ganz andere Lagen annehmen, während sie in Wahrheit immer dieselben bleiben.

Ich habe schon bemerkt, daß man die Entfernung der Sonne von uns nach dem früher erklärten Verfahren finden kann (§. 18). Man hat noch andere Mittel, welche diese Entfernung weit genauer geben, die ich aber an dieser Stelle nicht näher erläutern kann. Ich bemerke bloß, daß man dadurch die Beschaffenheit der Erdbahn mit großer Genauigkeit kennen gelernt hat. Man hat nämlich gefunden, daß die Ellipse, welche die Erde um die Sonne beschreibt, nur sehr wenig vom Kreise abweicht, so daß die in einem Brennpunkte befindliche Sonne freilich nicht immer gleichweit von der Erde entfernt ist, der Unterschied der verschiedenen Entfernungen aber, im Verhältniß zur ganzen Entfernung nur unbeträchtlich ist. Wenn in der folgenden Zeichnung, S den Brennpunkt, in welchem die Sonne steht und A B die große Achse der Ellipse bedeutet, so ist die Erde im Punkte B, wo sie der Sonne am nächsten ist — dieses findet am 31. Dezember statt — ungefähr 20,300,000 Meilen von der Sonne entfernt, ist sie im Punkte A, wo sie am weitesten von der Sonne entfernt ist — und dieß ist den 3. Juli der Fall — so beträgt die Entfernung ungefähr 21,000,000 Meilen. Nimmt man aus diesen zwei Werthen den Mittelwerth, was die Entfernung A C, oder die halbe große Achse gibt, so ist diese mithin ungefähr 20,650,000

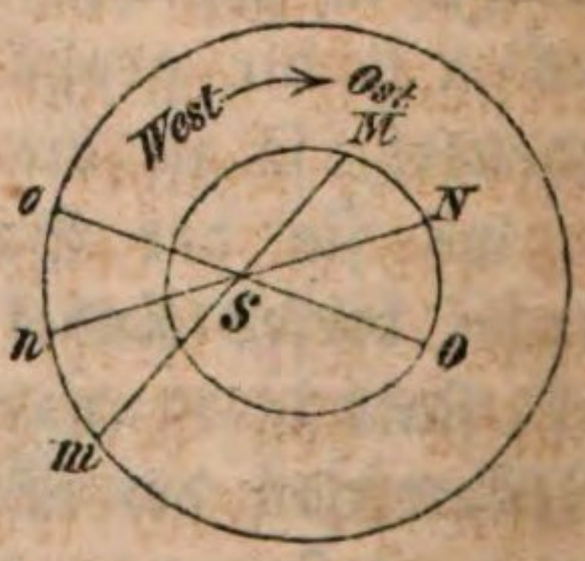


Meilen. Die Excentricität, oder die Entfernung C S ist hiernach ungefähr 350,000 und beträgt also kaum den sechzigsten Theil der halben großen Achse. In einer richtigen Zeichnung in welcher die halbe große Achse zu einem Fuß angenommen würde, wäre daher C S erst ein Fünftel eines Zolles.



Ich habe schon früher bemerkt, daß ein Gegenstand desto kleiner erscheint je weiter er entfernt ist. Da wir nun nicht immer gleichweit von der Sonne entfernt sind, so kann sie uns auch nicht immer gleich groß erscheinen. Dieß bestätigt die Erfahrung vollkommen. Freilich ist der Unterschied nicht so beträchtlich, daß er unmittelbar in die Augen fiele, aber bei Anwendung feinerer Meßwerkzeuge tritt er ganz deutlich hervor. So hat man gefunden, daß die Sonne, wenn wir ihr am nächsten sind, uns unter einem Sehwinkel (§. 3) von 32 Minuten 36 Sekunden erscheint, während er, wenn wir uns in der größten Entfernung von der Sonne befinden, nur 31 Minuten 31 Sekunden beträgt. Die scheinbare Größe der Sonne nimmt immer ab, wenn sich die Erde von B nach A bewegt und nimmt wieder zu, wenn sie von A nach B zurück kehrt.

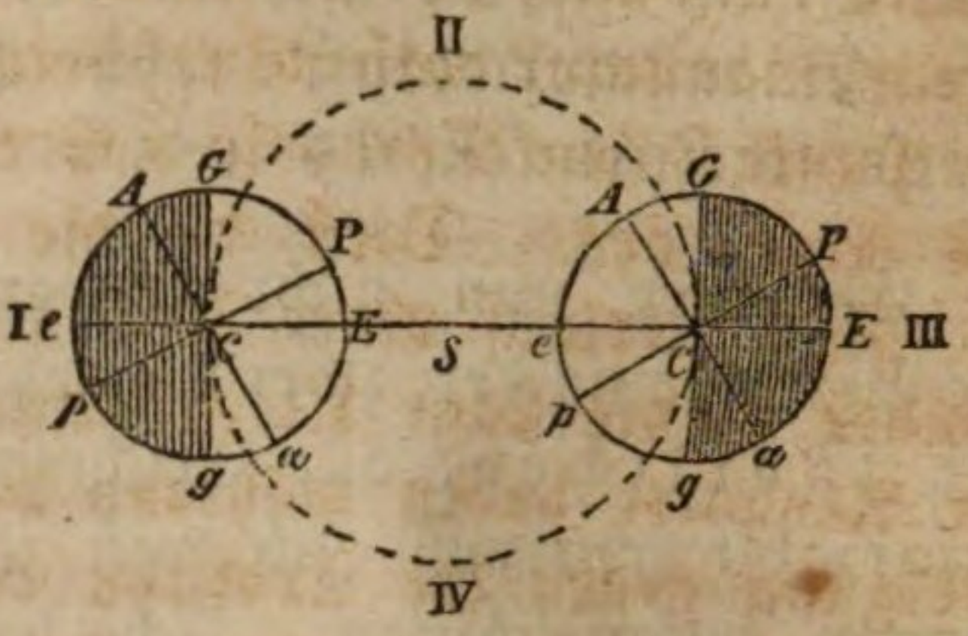
Da wir für die Bewegung der Erde um die Sonne ebenso wenig, wie für ihre tägliche Umdrehung irgend ein Merkzeichen auf der Erde selbst haben, so ist es natürlich, daß wir glauben, die Erde sey in Ruhe, und die Aenderungen, die in der Lage der Sonne vorgehen, aus einer Bewegung der Sonne erklären. Bezeichnet m n o die Himmelskugel, M N O die Erdbahn, in der sich die Erde von Westen nach Osten bewegt, so sieht man, wenn die Erde in M steht, die Sonne nach der Richtung M S, und versetzt sie daher nach dem Punkte m der Himmelskugel (§. 14), alsdann verhält sie sich nothwendig in Beziehung auf die tägliche Bewegung, wie ein Fixstern, der in diesem Punkte steht. Kommt die Erde nach N, so sieht man die Sonne nach der Richtung N S und versetzt sie nach dem Punkte n der Himmelskugel. Ist die Erde in O, so sieht man die Sonne in o.



Die Sonne scheint also in der Zeit, während welcher die Erde ihre Bahn durchläuft, von Westen nach Osten in einem Kreise fortzurücken. (§ 18).

Es wird nun nicht schwer fallen nachzuweisen, wie aus der Verbindung der zwei Bewegungen der Erde, der täglichen und jährlichen, alle Erscheinungen entspringen, die in §. 18 aufgezählt wurden. Ich will jedoch zuerst noch einige Bemerkungen vorausschicken. Ich habe bisher von der Erdbahn im Allgemeinen gesprochen; da indessen jeder Punkt der Erde seine eigene Bahn um die Sonne beschreibt, so kann nicht eigentlich von einer einzigen Erdbahn die Rede seyn. Indessen denkt man bei diesem Worte zunächst an diejenige Bahn, welche der Mittelpunkt der Erde beschreibt, und in diesem Sinne soll auch hier dieses Wort immer gebraucht werden. In Wahrheit rückt nun die Erde unaufhörlich in ihrer Bahn fort, es wird aber dem Leser leichter werden, den Zusammenhang der Erscheinungen zu übersehen, wenn wir uns vorstellen, die Erde rückte nur von Tag zu Tag fort, so daß sie während eines Tages immer an derselben Stelle bliebe, und am Anfange des nächsten, den dazwischen liegenden Theil der Erdbahn gleichsam überspringend, an diejenige Stelle ihrer Bahn käme, welche sie wirklich, vermöge ihres allmähligen Fortrückens, am Anfange des zweiten Tages erreicht.

Man bemerke noch Folgendes. Wenn eine Kugel von einem sehr entfernten leuchtenden Gegenstande beschienen wird, so wird immer die eine Hälfte derselben beleuchtet, während die andere Hälfte im Schatten liegt. Die zwei Halbkugeln, die erleuchtete und die nicht erleuchtete, werden durch einen Kreis getrennt, welcher die Grenze zwischen Licht und Schatten bildet und eben deßwegen die Erleuchtungsgränze genannt wird. Die Erde, als Kugel, wird daher ebenfalls immer zur Hälfte von der Sonne erleuchtet, in welchem Punkte ihrer Bahn sie auch sey. Hieraus ergibt sich von selbst, daß ihre beiden Pole nicht zugleich innerhalb oder außerhalb der erleuchteten Halbkugel liegen können; denn im ersten Falle müßte mehr, im zweiten weniger als die Hälfte der Erdkugel erleuchtet seyn.



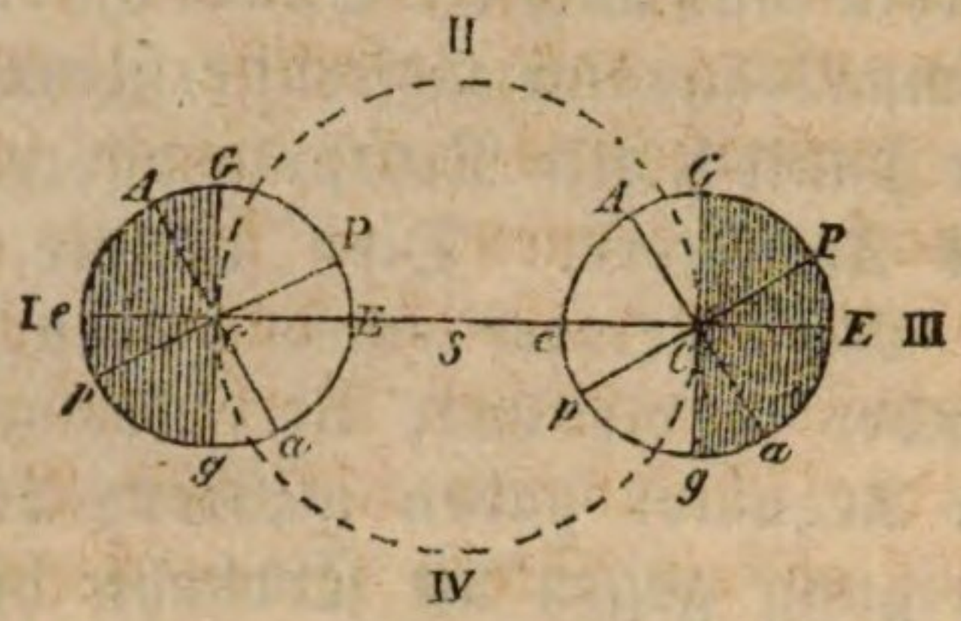
Man denke sich nun die Sonne stehe im Punkte S, die punktirte krumme Linie bezeichne die Erdbahn; diese Bahn hat man sich als in der Ebene des Papiers liegend zu denken. Die Erde sey zuerst in der Lage I. Hier stellt G g die Erleuchtungsgränze vor, welche die erleuchtete Halbkugel G E g von der dunklen G e g trennt. Die Linie P p ist die Erdachse, welche gegen die Erdbahn geneigt ist, C der Mittelpunkt der Erde. In der Zeichnung soll die halbe Achse c P, welche den Nordpol P enthält, über der Ebene des Papiers liegend, und der Sonne zugekehrt, gedacht werden, während die halbe Achse C p, welche den Südpol p enthält, unter dieser Ebene liegt, oder von der Sonne abgekehrt ist. Der Nordpol P liegt mithin innerhalb der beleuchteten Halbkugel und ist um den Bogen G P von der Beleuchtungsgränze entfernt, wogegen der Südpol eben so tief in der dunkeln Halbkugel liegt. Während sich die Erde an diesem Tage um ihre Achse dreht, bleibt also der Nordpol immer erleuchtet, der Südpol dagegen immer im Dunkeln. Von dem Aequator A a liegt, während dieses ganzen Tages, der jedesmal beleuchtete Theil C a unter der Ebene der Erdbahn (also unter der Ebene des Papiers), der unbeleuchtete C A über derselben. Der Winkel, welchen die zwei Linien C E und C a einschließen, versinnlicht die Neigung des Aequators gegen die Erdbahn und beträgt 23 Grad 28 Minuten, so viel beträgt also auch das Maß dieses Winkels, der Bogen a E (§. 10). Die Sonne scheint auf den Scheitel des Punktes E. Hätte die Erde keine Achsendrehung, so würde dieß den ganzen Tag statt finden, da sich aber der Punkt E fortdreht, so hat er nur am Mittage die Sonne über dem Scheitel. Die Sonne beschreibt also an diesem Tage denselben scheinbaren Kreis, wie ein Fixstern, der eine solche Lage an der Himmelskugel hat, daß er bei der täglichen Bewegung über den Scheitel des Punktes E weggeht. Da nun dieser Punkt um 23 Grad 28 Minuten vom Erdäquator entfernt ist, so steht ein solcher Fixstern um eben so viel vom Himmelsäquator ab — welcher ja nur das Abbild des Erdäquators ist (§. 16) —,

mithin muß auch die Sonne an diesem Tage um eben so viel vom Himmelsäquator entfernt erscheinen, und zwar nach Norden, da der Punkt E dem Nordpole näher liegt, als der erleuchtete Theil des Aequators. Dieß ist die Lage der Erde am 21 Juni.

Nach Verlauf eines halben Jahres ist die Erde am 21 Dezember in die Lage III gekommen. Ihre Achse und also auch ihr Aequator haben während dieser ganzen Zeit immer dieselbe Neigung gegen die Erdbahn beibehalten. Jetzt liegt aber der Nordpol P in der unerleuchteten Halbkugel, und zwar eben so tief, als er am 21 Juni in der erleuchteten lag, während umgekehrt der Südpol p jetzt eben so tief in der erleuchteten Halbkugel liegt, als er damals in der unerleuchteten lag. Vom Aequator liegt jetzt, während des ganzen Tages, die erleuchtete Hälfte, die durch CA angedeutet wird, über der Ebene der Erdbahn, die unerleuchtete Hälfte ca dagegen unter derselben. Der Südpol wird während der ganzen täglichen Bewegung beleuchtet, der Nordpol dagegen bleibt diese ganze Zeit hindurch im Dunkeln. Die Sonne steht am Mittage über dem Scheitel des Punktes e; dessen Entfernung von dem Aequator, der Bogen Ae nämlich, wieder die Neigung des Aequators gegen die Erdbahn angibt. Mithin wird die Sonne an diesem Tage, aus demselben Grunde, welcher bei der Betrachtung der Lage I ausführlich erörtert wurde, wieder um 23 Grad 28 Minuten vom Aequator entfernt erscheinen, nun aber nach Süden, da der Punkt e dem Südpole näher liegt, als der beleuchtete Theil des Aequators.

Die Lage der Lichtgränze hat sich, wie man sieht, im Laufe dieses halben Jahres sehr verändert. Am Anfange war der Nordpol P um den Bogen PG der Sonne näher als der Punkt G, am Ende steht er um eben so viel weiter von der Sonne ab; dieselbe Aenderung, nur im umgekehrten Verhältnisse, ist in der Beziehung des Südpols p zum Punkte g eingetreten. Da nun diese Aenderung nicht plötzlich, sondern allmählig vorgegangen ist, so folgt hieraus, daß die Erde in der Mitte des Weges zwischen den Lagen I und III eine Lage einnehmen muß, bei welcher der Nordpol und der Punkt G und ebenso der Punkt g gleichweit von der Sonne abstehen. In dieser Lage, welche wir durch II bezeichnen wollen, befinden sich daher die beiden Pole genau in der Erleuchtungsgränze, also weder in der erleuchteten noch in der unerleuchteten Halbkugel. An diesem Tage geht mithin die Sonne für beide Pole nicht auf

und nicht unter, sondern bleibt immer im Horizonte. Da man nun an den Polen der Erde die entsprechenden Pole des Himmels über seinem Scheitel hat, indem der Horizont, welcher, wie immer (§. 15), die Himmelskugel in zwei Hälften theilt, mit dem Aequator zusammen fällt, so hat die Sonne also an diesem Tage dieselbe scheinbare Bewegung wie ein Fixstern, der im Himmelsäquator steht, d. h. sie wird selbst im Himmelsäquator gesehen werden. Dieß findet den 23 September statt. Dieselbe Erscheinung muß aber noch einmal vorkommen, wenn die Erde am 21 März, bei ihrer Rückkehr von der Lage III zur Lage I, sich in der Mitte des Weges befindet, sie wird dann nochmals im Aequator gesehen. Diese Lage soll durch IV bezeichnet werden.

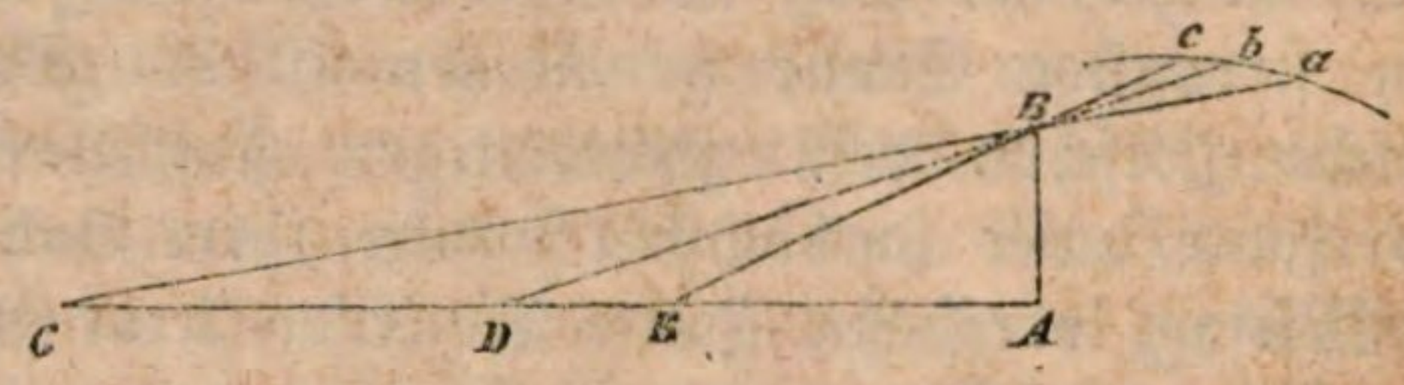


Es ist nun auch leicht zu sagen, an welchen Stellen des Himmels man die Sonne in den Zwischenzeiten sehen muß. Rückt die Erde von I zu II fort, so fällt der Punkt E, über dessen Scheitel die Sonne weggeht, immer näher an a, die Sonne scheint daher von Norden nach Süden, zu Sternen zu rücken, die dem Himmelsäquator immer näher stehen. Zwischen der Lage II, wo die Sonne im Aequator selbst gesehen wird, und der Lage III, wo sie am weitesten nach Süden davon entfernt ist, scheint sie zu Sternen zu rücken, die immer weiter nach Süden vom Himmelsäquator abstehen, weil der Punkt e, welchen die Sonne am Mittage im Scheitel hat, immer weiter nach Süden liegen wird. Zwischen III und IV, in welcher letzteren Lage die Sonne wieder im Himmelsäquator selbst erscheint, rückt der Punkt, über dessen Scheitel die Sonne steht, dem Aequator wieder näher, liegt aber noch immer weiter nach Süden; hieraus muß also der Schein entspringen, als ob die Sonne von ihrer weitesten Entfernung nach Süden zurückkehrte und sich allmählich dem Himmelsäquator wieder näherte. Geht die Erde nun von IV nach III zurück, so fällt der Punkt, über dessen Scheitel die Sonne steht, nun immer weiter nördlich vom Aequator, bis er zuletzt in I seine weiteste nördliche Entfernung erreicht; daher muß auch die Sonne in dieser Zeit sich immer weiter nach Norden, vom Aequator des Himmels zu, entfernen, und zuletzt, wenn die Erde in I steht, ihre weiteste nördliche Entfernung zu erreichen scheinen.

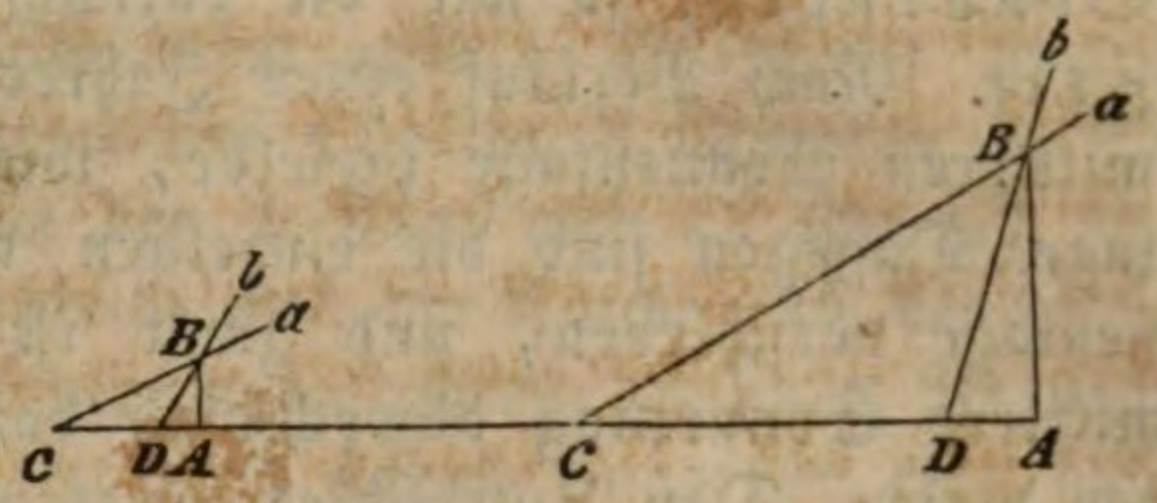
20. Es wurde früher erörtert, daß und wodurch der Sterntag das einfachste Zeitmaß ist (§. 17). Allein wenn ein Zeitmaß uns dazu dienen soll, unsere täglichen Geschäfte darnach zu ordnen, so kommt es nicht sowohl auf seine Einfachheit, als vielmehr darauf an, daß es mit diesen Geschäften in einer natürlichen Verbindung steht. Dieß ist nun offenbar bei der scheinbaren täglichen Bewegung der Sterne nicht der Fall; ob ein Stern seinen höchsten Punkt über dem Horizonte erreicht hat, ist eine für das tägliche Leben so gleichgültige Sache, daß sich in der That nur der Astronom darum kümmert. Der Sterntag wird nur da als Zeitmaß gebraucht werden, wo man rein wissenschaftliche Zwecke im Auge hat. Wo es aber darauf ankommt, bürgerliche Geschäfte nach einem Zeitmaße zu regeln, müssen wir uns der Sonne bedienen, da von ihrem Laufe der Wechsel zwischen Licht und Dunkel abhängt. Der bürgerliche Tag ist daher nothwendig ein Sonnentag. Im strengsten Sinne genommen ist ein Sonnentag die Zeit, welche zwischen dem zweimaligen Erscheinen der Sonne im Horizonte, oder im höchsten Punkte ihrer Bahn, also von Mittag zu Mittag, verfließt. Hätte die Erde keine jährliche Bewegung, so würde die Dauer des Sonnentages mit der des Sterntages zusammenfallen. Nach dem wirklichen Verhältnisse ist aber der Sonnentag eine Zeit, deren Dauer sich nicht gleich bleibt, sondern im Laufe des Jahres sich fortwährend ändert. Wenn man mit Hülfe einer Sternuhr (§. 17) die Zeit bestimmt hat, in welcher die Sonne ihren höchsten Punkt am Himmel erreicht hat, so wird man finden, daß sie den folgenden Tag noch nicht wieder an ihrem höchsten Punkte vorgekommen ist, wenn die Uhr dieselbe Zeit zeigt. Während sich nämlich die Erde einmal von Westen nach Osten um ihre Achse gedreht hat, ist sie auch in ihrer Bahn um die Sonne um ein Stück von Westen nach Osten fortgerückt; um ein eben so großes Stück ist also auch die Sonne scheinbar von Westen nach Osten gerückt. Nach 24 Stunden, d. h. nachdem die Erde einmal ihre drehende Bewegung vollendet hat, sieht man mithin die Sonne an einem Punkte der östlicher liegt, als der Punkt, an welchem sie 24 Stunden früher stand, die Erde muß sich daher noch um ein Stück weiter nach Osten drehen, wenn sie wieder in dieselbe Lage gegen die Sonne kommen soll. Der Sonnentag ist mithin immer größer als der Sterntag, jedoch

ist der Unterschied nicht immer derselbe. Denn erstens durchläuft die Erde nicht jeden Tag ein gleich großes Stück ihrer Bahn; im Dezember, wo sie der Sonne näher ist, bewegt sie sich weit rascher als im Juli, wo sie weiter von der Sonne absteht. Und außerdem hat auch der Umstand einen bedeutenden Einfluß, daß ihre Bewegung in der Bahn um die Sonne eine andere Richtung hat, als ihre tägliche Bewegung. Aus diesen Gründen sind die wahren Sonnentage ungleich lang.

21. In früherer Zeit wo unsere Uhren noch gar nicht vorhanden oder noch sehr unvollkommen waren, rechnete man im bürgerlichen Leben immer nach solchen Sonnentagen. Um den Zeitpunkt zu bestimmen, in welchem die Sonne ihren höchsten Punkt erreichte, also den Mittag, bediente man sich seit uralter Zeit einer Vorrichtung, die man ein Gnomon oder Sonnenzeiger nennt. Man denke sich einen Stab, der auf einen ebenen Fußboden senkrecht aufsteht, und in A B, steht die Sonne in a, so hat der äußerste Strahl, der



noch von dem Stabe aufgefangen wird, die Richtung A B C. Der Theil des Bodens, der zwischen A und C liegt, ist also beschattet, während die außerhalb B liegenden Punkte von der Sonne beschienen sind. Man kann sich also den Punkt C oder die Grenze zwischen Licht und Schatten merken und etwa durch einen Strich bezeichnen. Steigt die Sonne höher, z. B. nach b, so zieht sich der Schatten zurück, die Lichtgrenze ist jetzt in D. Hat die Sonne in c ihren höchsten Stand erreicht, so muß auch die entsprechende Länge des Schattens A B die kleinste seyn. Dem kürzesten Schatten entspricht also der Mittag, welcher hierdurch erkannt wird. Die Beobachtung läßt sich noch schärfer ausführen, wenn man eine kleine runde Oeffnung in den Stab bohrt. Dann wird man auf dem beschatteten Boden ein kleines Sonnenbild sehen, welches sich, je höher die Sonne steigt, immer mehr nach dem Fuße des Stabes zurückzieht, bis es ihm am Mittag am nächsten gekommen ist. Auch sieht man leicht aus der folgenden Zeichnung, daß das Zurückgehen der Lichtgrenze oder des Sonnenbildes desto deutlicher wird, je höher der Stab ist.



Besonders in Italien ist es in den letzten Jahrhunderten Sitte geworden, solche Sonnenzeiger von bedeutender Höhe zu errichten. Gewöhnlich benutzte man dazu die hohen Kirchen, deren Wände an ihrem höchsten Theile durchbohrt wurden, so daß das Sonnenbild auf den Fußboden der Kirche fiel. Der höchste Gnomon dieser Art wurde im Jahre 1467 in der Kuppel der Kathedrale zu Florenz errichtet, die Oeffnung, durch welche das Sonnenbild fiel, befand sich 277 Fuß hoch über dem Fußboden. In der Petroniuskirche zu Bologna ist ein ähnliches Gnomon, die Oeffnung ist 83½ Fuß hoch über dem Boden und das Sonnenbild fällt auf eine 180 Fuß lange von Metall eingelegte Linie. So könnte ich noch mehre andere aufzählen. Auch in der neuesten Zeit scheinen die Italiener diese Liebhaberei noch mitunter mit großen Kosten fortzusetzen, eine Liebhaberei die sie übrigens von den Römern geerbt haben. Denn schon unter der Regierung des Kaisers Augustus wurde ein großer Obelisk von 117 römische Fuß (107 pariser Fuß) Länge aus Aegypten nach Rom geschafft, und dort auf dem Marsfelde aufgestellt, um daran die Bewegung der Sonne zu beobachten. Sonst werden sie in neuerer Zeit wenig mehr gebraucht, da man mit anderen astronomischen Werkzeugen die Zeit des Mittags viel genauer bestimmen kann. Es läßt sich nie vermeiden, daß nicht in der Bestimmung des kürzesten Schattens, dessen Gränzen keine scharfen sind, einige Ungewißheit bleibt, so daß man mit Hülfe eines Gnomons den Zeitpunkt des Mittags nicht leicht auf mehr als eine Minute genau bestimmen kann, während er mit Hülfe anderer Vorrichtungen bis auf Bruchtheile einer Sekunde genau bestimmt werden kann.

22. Gegenwärtig rechnet man im bürgerlichen Leben, wenigstens in den größeren Städten Europas, nach Sonnentagen, die nicht in der Natur vorkommen, sondern künstlich gebildet sind, aber den Vortheil haben, daß sie, wie der Sterntag, immer dieselbe Länge behalten. Man nimmt nämlich aus allen wahren Sonnentagen eines ganzen Jahres, den durchschnittlichen Werth, und diese Größe nennt man einen mittleren

Sonnentag, so wie die darnach bestimmte Zeit mittlere Zeit. Nach Verlauf eines Jahres ist also die Summe der mittleren Sonnentage dieselbe, wie die der wahren Sonnentage. Dagegen sind die einzelnen wahren und mittleren Sonnentage verschieden, und zwar ist im Laufe des Jahres der mittlere Sonnentag abwechselnd bald größer, bald kleiner, als der wahre. Den Unterschied eines mittleren und wahren Sonnentages nennt man die Zeitgleichung, und man hat Tabellen, in welchen die Zeitgleichung für jeden Tag eines Jahres angegeben ist. Nach dieser mittleren Zeit, bei welcher der Tag wieder in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten u. s. w. getheilt wird, sind nun unsere Thurmuhren, Taschenuhren und Pendeluhren — insofern letztere nicht Sternuhren sind — eingerichtet. Wo man Gelegenheit hat an einem Gnomon (oder an einer Sonnenuhr) die Zeit des wahren Mittags zu beobachten, kann man mit Hülfe einer Tabelle über die Zeitgleichung, auch die Zeit des mittleren Mittags finden und darnach seine Uhr stellen. Ich gebe hier eine solche Tabelle, in welcher die Zeitgleichung von fünf zu fünf Tagen bis auf wenige Sekunden genau angegeben ist, was für den angegebenen Gebrauch ausreicht. Wo das Zeichen — vor einer Zahl steht, so bedeutet dieß, daß man die Zahl vom wahren Mittag abziehen muß, um die mittlere Zeit zu erhalten, sonst muß die Zahl noch zum wahren Mittag hinzugefügt werden. M bedeutet Minuten, S Sekunden.

Tafel der Zeitgleichung.

	M	S		M	S		M	S		M	S
Januar 1	3	50	April 1	4	0	Juli 5	4	10	Oktober 3	−10	50
6	6	10	6	2	30	10	4	50	8	−12	20
11	8	10	11	1	10	15	5	30	13	−13	40
16	10	0	16	−0	10	20	6	0	18	−14	40
21	11	40	21	−1	20	25	6	10	23	−15	30
26	12	50	26	−2	20	30	6	10	28	−16	0
31	13	50	Mai 1	−3	0	August 4	5	50	November 2	−16	20
Februar 5	14	20	6	−3	30	9	5	10	7	−16	10
10	14	30	11	−3	50	14	4	30	12	−15	40
15	14	30	16	−4	0	19	3	30	17	−14	50
20	14	0	21	−3	50	24	2	10	22	−13	40
25	13	20	26	−3	20	29	0	50	27	−12	10
März 2	12	30	31	−2	40	Septemb. 3	−0	40	Dezember 2	−10	30
7	11	20	Juni 5	−2	0	8	−2	20	7	− 8	30
12	10	0	10	−1	0	13	−4	0	12	− 6	10
17	8	40	15	0	0	18	−5	50	17	− 3	40
22	7	10	20	1	0	23	−7	30	22	− 1	10
27	5	30	25	2	10	28	−9	20	27	1	20
			30	3	10						

Eine richtig gehende Uhr wird also z. B. den 1 Januar zur Zeit des wahren Mittags auf 12 Uhr 3 Minuten 50 Sekunden stehen, während sie den 1 Mai auf 11 Uhr 57 Minuten steht. Man sieht zugleich aus der Tafel, daß der größte Unterschied, welcher im Laufe des Jahres zwischen der mittleren und wahren Sonnenzeit statt findet, ungefähr eine halbe Stunde beträgt, da die Uhr der Sonne im Februar um mehr als 14 Minuten voreilt, im November dagegen um mehr als 16 Minuten zurückbleibt.

Der Sterntag beträgt, in mittlerer Sonnenzeit ausgedrückt: 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden und ist also um 3 Minuten 56 Sekunden kleiner als der mittlere Sonnentag.

23. Die Astronomen pflegen jetzt ihre Zeitbestimmungen ebenfalls in mittlerer Sonnenzeit auszudrücken, jedoch mit folgendem Unterschiede. Im bürgerlichen Leben fängt man den Tag um Mitternacht an, die Astronomen dagegen fangen ihn mit Mittag an. Außerdem zählt man im bürgerlichen Leben nur bis 12 Uhr und fängt dann eine neue Zählung an, während die Astronomen mit Null anfangen und bis zu 23 fortzählen. Wenn daher der Astronom sagt: 1 Januar 0 Uhr 12 Minuten, so heißt das, in unsere gewöhnliche Redeweise übersetzt, 1 Januar 12 Uhr 12 Minuten Mittags; sagt der Astronom 1 Januar 18 Stunden, so heißt dieß 2 Januar 6 Uhr Morgens.

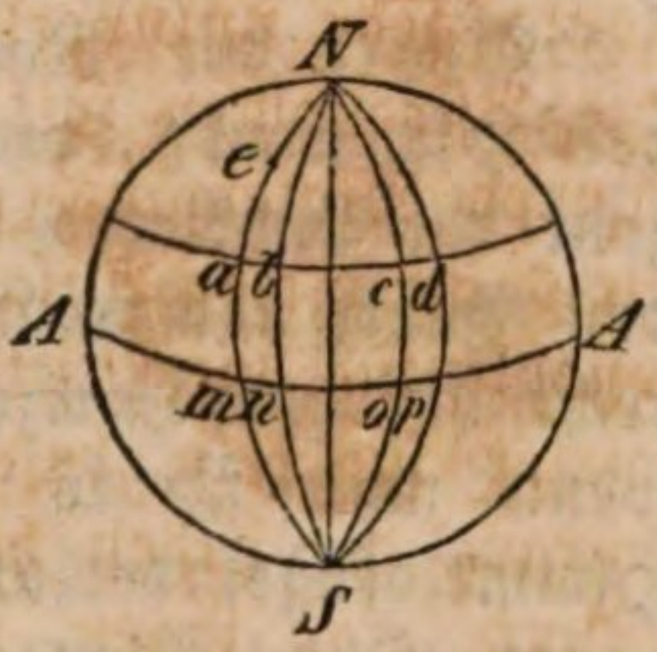
Uebrigens ist die Wahl des Zeitpunktes, mit welchem der Tag beginnen soll, an und für sich etwas ganz Willkürliches, und es hat hierin von jeher bei verschiedenen Völkern und in verschiedenen Zeiten mannigfache Verschiedenheit statt gefunden. Meistens hat man sich an einen der vier Zeitpunkte, Aufgang oder Untergang der Sonne, Mittag oder Mitternacht, gehalten. So lange man nicht nach mittlerer, sondern nach wahrer Sonnenzeit rechnete und keine Uhren hatte, empfahl sich der Sonnenaufgang als Anfangspunkt des Tages durch den Umstand, daß mit ihm die meisten bürgerlichen Geschäfte beginnen und daß er zugleich unmittelbar beobachtet werden kann. Die Babylonier und andere asiatischen Völker hatten diesen Anfangspunkt gewählt. Auch der Sonnenuntergang empfiehlt sich aus ähnlichen Gründen, und hat den Vorzug, daß er nicht so leicht verschlafen werden kann. Mit Sonnenuntergang begannen den Tag die Griechen, die Juden, sowie es

auch in der Bibel heißt: „Und es ward Abend und es ward Morgen, ein Tag.“ Noch jetzt beginnt im Festkalender der Juden der Tag mit Einbruch der Nacht, eben so ist es bei den Türken. Auch bei den alten Deutschen wurde nach Nächten und nicht, wie bei uns, nach Tagen gerechnet; dieß beweist, daß auch in ihrer Zählung die Nacht dem Tage voranging. Mit dem Mittage hat, so viel wir wissen, außer einem Theile der alten Bewohner Italiens, kein Volk den bürgerlichen Tag begonnen, was auch sehr natürlich ist, da dieser Zeitpunkt durchaus keinen Abschnitt im täglichen bürgerlichen Leben macht. Dagegen empfiehlt er sich ganz besonders vom Standpunkte des Astronomen aus, da die Beobachtung des höchsten Punktes der scheinbaren täglichen Bahn der Sonne weit größere Genauigkeit zuläßt, als die Beobachtung des Auf- und Unterganges der Sonne, welche, wie alle Beobachtungen im Horizonte, sehr unzuverlässig sind (§. 7). Wirklich haben sich auch die Astronomen seit der Zeit des berühmten griechischen Astronomen Ptolemäus (um 125 n. Chr.) und nach seinem Vorgange, stets an diesen Anfang des Tages gehalten. Am wenigsten empfiehlt sich die Mitternacht zum Tagesanfang, den Astronomen bietet sie kein besonderes Merkmal dar, und auch für das bürgerliche Leben hat sie keine besondere Bedeutung; höchstens könnte man sagen, daß um diese Zeit auch die Fleißigsten ihre Arbeit einstellen. Und dennoch hat es die Laune des Zufalls gewollt, daß gerade dieser unpassendste Tagesanfang durch die Römer, die sich dessen bedienten, bei allen europäischen Völkern Eingang gefunden hat. Jetzt, wo man genaue Uhren hat, ist dieß freilich ziemlich gleichgültig; auch haben schon mehre Astronomen den Wunsch ausgesprochen, daß man, der Gleichförmigkeit wegen, auch bei astronomischen Bestimmungen sich des bürgerlichen Anfangs des Tages bedienen möge.

24. Mit diesen willkührlichen und zufälligen Verschiedenheiten des Anfangs des Tages darf man den Umstand nicht verwechseln, daß der Anfang des Tages an verschiedenen Orten der Erde nothwendig in einen anderen Zeitpunkt trifft, wenn man sich auch darüber verständigt hat, allenthalben den Tag mit einer und derselben Erscheinung am Himmel, die von der täglichen Bewegung abhängt, anzufangen, eben weil diese Erscheinung nicht an allen Orten in demselben Zeitpunkte gesehen wird. Wenn man z. B. in

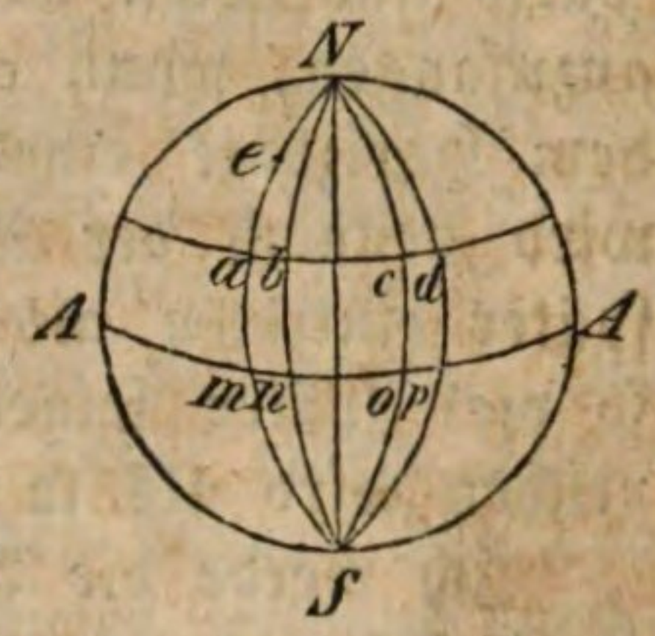
Paris und Wien darüber einverstanden ist, den Sterntag dann anzufangen, wann ein gewisser Stern seine größte Höhe über dem Horizonte eines jeden der beiden Orte erreicht hat, so wird dennoch der Anfang des Tages in Paris 56 Minuten später eintreten als in Wien, weil in Paris der Stern um so viel später seinen höchsten Stand über dem Horizonte erreichen wird als in Wien.

Ich werde die Auseinandersetzung dieses wichtigen Gegenstandes benutzen, um noch einige andere Begriffe zu erörtern, die für die Sternkunde, wie für die Erdbeschreibung höchst wichtig sind. Suchen wir einmal zunächst die Frage zu erörtern, wie man die Lage eines Punktes auf der Erde bestimmen kann und setzen wir hierbei noch immer voraus, daß die Erde eine vollkommene Kugel ist (§. 1).

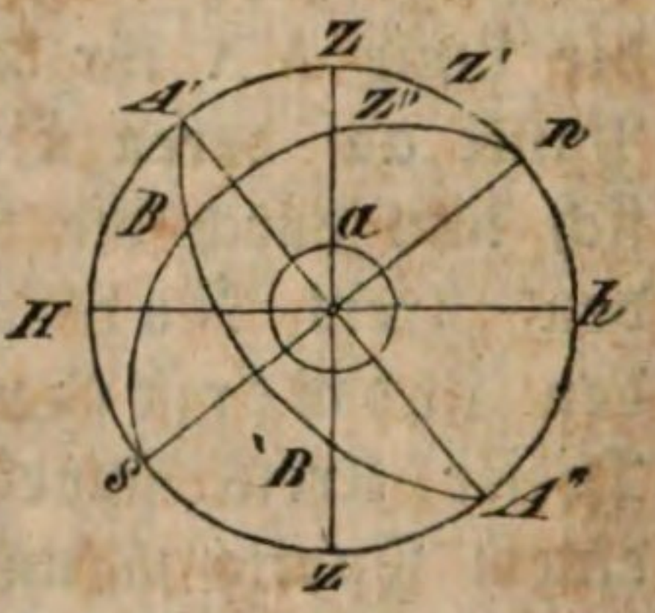


In der vorstehenden Zeichnung sei N der Nordpol, S der Südpol der Erde, die Linie A A ihr Aequator, a irgend ein Punkt auf deren Oberfläche. Man denke sich nun durch die Pole und den Punkt a den Kreis N a S gelegt, welchen man den Erdmeridian des Punktes a nennt. Dieser Kreis schneidet den Aequator in einem Punkte m und zwar so, daß N m und S m zwei Hälften des Halbkreises N m S sind, da der Aequator von beiden Polen gleich weit absteht (§. 8). Das Stück a m des Erdmeridians, welches zwischen dem Punkte a und dem Aequator liegt, kann nun freilich, wenn seine Größe bekannt ist, schon dazu dienen, den Punkt a von *vielen* anderen Punkten auf der Erde, für welche er eine andere Größe haben würde, zu unterscheiden, aber es genügt nicht, ihn von *allen* zu unterscheiden, denn alle anderen Punkte b, c, d u. s. w. die mit a in dem nämlichen Parallelkreise (§. 8) liegen, haben denselben Abstand vom Pol und vom Aequator; der Bogen b n des Erdmeridians von b z. B. ist also genau so groß wie der Bogen a m. Aber das Stück A m, welches zwischen einem bestimmten Punkte A des Aequators in dem Punkte m liegt, ist ein anderes als das Stück A n oder A o u. s. w. Wäre das Bogenstück A m bekannt, so würde dieses allein schon hinreichen, den Punkt a von allen übrigen zu unterscheiden, die mit ihm auf demselben Parallelkreise liegen, dagegen

könnte es nicht dazu dienen, ihn von solchen Punkten zu unterscheiden, die mit ihm in demselben Erdmeridian liegen, wie z. B. vom Punkte e, für welchen es dasselbe bliebe. Ist aber zugleich die Größe des Bogens a m und die des Bogens A m gegeben, so ist auch die Lage des Punktes a vollständig bekannt. Es ließe sich mithin die Lage jedes Punktes durch zwei Größen bestimmen, die man unmittelbar auf der Erde messen könnte. Indessen würde es doch nicht leicht angehen, sowohl die Länge des Aequators als des Erdmeridians ohne Hülfe der Sternkunde zu bestimmen. Es ist daher besser, wenn wir die Lage des Punktes a unmittelbar durch Beobachtungen am Himmel zu bestimmen suchen.



Sey n der Nordpol, s der Südpol des Himmels, die Linie H h der Horizont des Punktes a. Man denke sich durch den Punkt a eine Linie gezogen, die senkrecht auf dem Horizonte steht, diese wird, wenn man sie in Gedanken bis an die Himmelskugel verlängert, dort zwei entgegengesetzte Punkte treffen, den Punkt Z über dem Scheitel des Beobachters in a, den man eben deßwegen den Scheitelpunkt oder das Zenith nennt, und den Punkt z unter den Füßen des Beobachters, den Fußpunkt oder das Nadir. Man denke sich nun durch die Himmelspole und den Scheitelpunkt einen Kreis auf der Himmelskugel gezogen, welcher den Himmelsäquator A' A'' in zwei Punkten A' und A'' treffen wird. Diesen Kreis nennt man den Meridian oder Mittagskreis des Punktes a. Das Stück Z A' dieses Kreises, welches zwischen dem Scheitelpunkte und dem nächsten Punkte A' des Aequators enthalten ist, heißt die geographische Breite. Liegt der Scheitelpunkt zwischen dem Nordpol und dem Aequator, so nennt man sie nördliche Breite, südliche Breite dagegen wenn der Scheitelpunkt, zwischen dem Südpol und dem Aequator liegt. Es kann für einen anderen Punkt der Oberfläche der Erde der Scheitelpunkt Z' in demselben Meridiane enthalten seyn, wie der Scheitelpunkt Z des Punktes a, alsdann



sagt man, diese zwei Punkte liegen unter demselben Meridian. Verschiedene Punkte, die unter einem und demselben Meridiane liegen, haben also verschiedene geographische Breite.

Aber die bekannte Größe der geographischen Breite genügt darum noch nicht, die Lage eines Ortes auf der Erde vollkommen zu bestimmen. Denn für einen andern Ort kann der Scheitelpunkt Z'' so liegen, daß, wenn man auch für diesen Ort den Meridian zieht, das Stück Z'' B, welches zwischen dem Scheitelpunkt und dem nächsten Punkte B des Aequators enthalten ist, eben so groß ist als das Stück Z A', daß also, mit anderen Worten, dieser Ort dieselbe geographische Breite hat, wie der Ort a. Aber nun bemerke man, daß in diesem Falle der Bogen B B' des Aequators, welcher zwischen dem Punkte B und einem beliebig festzusetzenden Punkte B' des Aequators enthalten ist, eine andere Größe hat als der Bogen A' B'. Den Bogen des Himmelsäquators, der zwischen einem beliebig gewählten Punkte desselben und jenem Punkte enthalten ist, wo der Meridian eines Ortes den dem Scheitel nächsten Punkt des Aequators trifft, nennt man die geographische Länge des Ortes. Sobald also die geographische Breite und Länge des Ortes bekannt sind, so ist seine Lage vollkommen bestimmt. Die geographische Breite ändert sich, wenn ein Ort weiter nach Süden oder nach Norden liegt, die geographische Länge, wenn er weiter nach Osten oder nach Westen liegt.

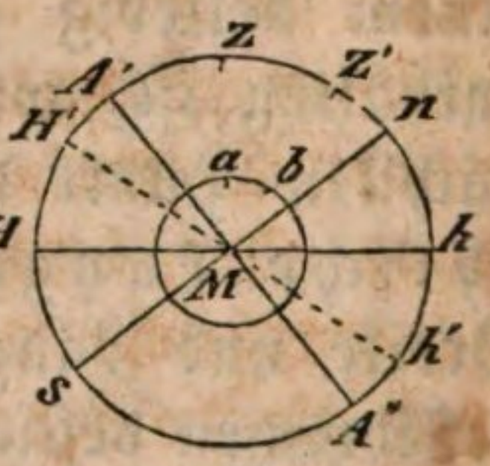
Leider hat man sich bis jetzt nicht darüber verständigt, die Länge allgemein von einem und demselben Punkte des Aequators abzuzählen, weßhalb eine ganz überflüssige Verschiedenheit in den Angaben über geographische Länge herrscht. In den meisten Ländern fängt man sie von dem Punkte des Aequators an, der im Meridiane der Hauptsternwarte des Landes liegt. So zählen die Engländer vom Meridian der Sternwarte in Greenwich bei London, die Franzosen vom Meridian der Pariser Sternwarte. Vielfach, besonders in Deutschland, rechnet man nach älterer Gewohnheit von einem Meridian an, der einem Punkte der bekannten kanarischen Insel Ferro entspricht. * Auch in Beziehung auf die Art, wie man die Länge

---

* Eigentlich entspricht er einem Punkte der offenen See, zwischen der Insel Ferro und Gomera.

zählt, herrscht keine Einheit. Manche zählen von dem Anfangspunkte an sowohl nach Osten als nach Westen, so daß die Oerter, welche östlicher als der Anfangspunkt liegen, eine östliche Länge, und diejenigen, welche westlicher liegen, eine westliche Länge haben. Besser ist es jedoch, wie andere thun, die Länge in derselben Richtung fort, von Westen nach Osten zu zählen. Wenn wir also z. B. sagen, daß die geographische Länge von Paris 20 Grad beträgt, so verstehen wir darunter, daß die Pariser Sternwarte unter einem Meridiane liegt, der in einen Punkt des Aequators trifft, welcher um 20 Grad östlicher liegt, als der Punkt des Aequators, in welcher der erste durch die Insel Ferro gezogene Meridian trifft. Dagegen beträgt die Länge von Neuyork in den Vereinigten Staaten über 303 Grad.

25. Die geographische Breite ist verhältnißmäßig leichter zu bestimmen als die geographische Länge. Wenn zwei Oerter a und b unter demselben Meridian liegen Z das Zenith des ersten, Z' das des zweiten Ortes ist, so wird, diesem entsprechend, auch der Horizont H h des ersten Ortes eine andere Lage haben, als der Horizont H' h' des zweiten. Ein und derselbe Stern wird in dem einen Orte höher über den Horizont herauf kommen als an dem andern, wodurch schon der Unterschied der Breite gefunden werden kann. Noch bequemer führt folgende Betrachtung zum Zwecke. So wie sich die Lage des Horizontes ändert, so ändert sich auch nothwendig die Lage der Himmelsachse gegen den Horizont. Für den Punkt a z. B. wird diese Lage durch den Winkel bestimmt, den die Linie n M und M h einschließen, oder, was dasselbe sagt, durch den Bogen n h, der das Maß dieses Winkels ist (§. 10), und den man die Polhöhe des Ortes a nennt (indem man dabei immer denjenigen Pol im Auge hat, der über dem Horizonte liegt, wie hier der Nordpol n.) Man sieht aber leicht ein, daß die Polhöhe n h genau dieselbe Größe hat wie die Breite Z A'; denn der Bogen Z h, der zwischen Zenith und Horizont liegt, ist der vierte Theil des Kreises (§. 24) und eben so viel ist der Bogen n A', der zwischen Pol und Aequator liegt (§. 4); zieht man also auf beiden Seiten den Bogen n Z ab, so müssen die übrig bleibenden Stücke Z A' und n h ebenfalls



gleich seyn. Es ist mithin ganz einerlei, ob man die Breite oder die Polhöhe sucht. Um letztere zu finden, hat man aber nur nöthig den Pol am Himmel aufzusuchen. Näherungsweise würde dieß schon eine rohe Beobachtung der täglichen Bewegung benachbarter Sterne leisten. Die Sternkunde bietet aber sehr feine Mittel zu diesem Zwecke dar, deren Erörterung uns jedoch hier zu weit führen würde.

26. Zwei Punkte auf der Oberfläche der Erde, die unter demselben Meridiane liegen, haben zwar, wie bemerkt wurde, verschiedene Horizonte und also auch verschiedenen Anblick des Himmels; aber eine und dieselbe Erscheinung, die durch die tägliche Bewegung der Erde hervorgerufen wird, wird auch für beide, wenn sie überhaupt an beiden Orten sichtbar ist, in demselben Zeitpunkte eintreten, da sie gleichweit nach Westen oder Osten liegen. An beiden Orten wird man z. B. zu gleicher Zeit die Sonne im Horizonte sehen, sie wird an beiden Orten in demselben Zeitpunkte ihren höchsten Stand am Himmel erreichen (wiewohl sie nicht an beiden Orten gleich hoch steigen wird) (§. 16) u. s. w. Anders aber verhält es sich, wenn die zwei Punkte verschiedene geographische Länge haben. Haben sie dieselbe Breite, d. h. ist auch die Polhöhe dieselbe, so wird eben deßwegen auch der Anblick des Himmels derselbe seyn, die Lage der Kreise, welche die Sterne täglich zu beschreiben scheinen, wird gegen den Horizont des einen Punktes genau dieselbe seyn, wie gegen den Horizont des andern, der Stern wird über den Horizont des einen genau eben so hoch herauf kommen, wie über den des andern, aber hier wird ein anderer Unterschied eintreten. Da nämlich der eine dieser Punkte weiter nach Osten liegt, als der andere, so wird man auch, da sich die Erde von Westen nach Osten dreht, dieselbe durch die tägliche Bewegung hervorgerufene Erscheinung, an diesem Punkte früher sehen als an dem andern, der weiter nach Westen liegt. Die Sonne wird z. B. an dem östlicheren Orte aufgehen, wenn der westlichere noch Nacht hat, sie wird an dem östlicheren früher in dem höchsten Punkte ihrer scheinbaren täglichen Bahn gesehen werden, als an dem westlicheren. Wenn man also auch an beiden Orten übereinstimmend den Tag mit dem Mittage beginnt, so werden dennoch die Uhren an beiden Orten in demselben Zeitpunkte auf verschiedene Zeiten zeigen, an dem östlicheren Orte wird die

Uhr auf Mittag d. h. auf 12 Uhr zeigen, während an dem westlichen noch Vormittag ist. Das ist es, worauf im Anfang des (§. 24) hingedeutet wurde.

Man wird nun auch leicht einsehen, welcher Zusammenhang zwischen dem Unterschiede der Länge und dem Unterschiede der Uhrangaben statt finden wird. Da sich nämlich die Erde in einem Sterntage, d. h. in 24 Stunden Sternzeit, einmal um ihre Achse dreht, so daß jeder Punkt auf der Oberfläche der Erde in dieser Zeit seinen ganzen Kreis oder 360 Grad durchläuft, so wird er in jeder Stunde Sternzeit 15 Grad durchlaufen.

Wenn man also an zwei Orten den Sterntag mit dem Zeitpunkte beginnt, wo ein bestimmter Stern seinen höchsten Punkt über dem Horizonte erreicht, so wird der Sterntag an dem Orte, der um 15 Grad westlicher liegt, eine Stunde später anfangen als an dem andern. Es ist also nicht genug, wenn der Astronom sagt, er habe eine Erscheinung um 3 Uhr Sternzeit beobachtet, sondern er muß auch noch hinzusetzen, auf welchen Ort sich diese Zeit bezieht. Ebenso ist es, wenn man nach mittlerer Zeit rechnet, man muß jedesmal, wenn man eine brauchbare Zeitangabe liefern will, auch sagen, auf welchen Ort sich die Angabe der Uhr bezieht.

Die genaue Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Punkte auf der Erde, war zu allen Zeiten eine der wesentlichsten Aufgaben der Erdbeschreibung, sie erhielt aber eine erhöhte Wichtigkeit, seitdem man anfing weite Seereisen zu machen. Dem Seefahrer ist es unentbehrlich, zu jeder Zeit zu wissen, an welchem Punkte der Erde er sich befindet, theils damit er die rechte Richtung nach dem Ziele seiner Reise einschlagen kann, theils damit er gefährliche Klippen, Untiefen oder Strömungen vermeidet, deren Ort er aus den Karten ersehen kann. Hierzu muß er die geographische Breite und Länge des Punktes kennen. Die geographische Breite findet er durch Beobachtung der Polhöhe, wie aber die Länge? Schon im Jahre 1598 setzten die Spanier einen Preis von 1000 Kronen auf die Beantwortung dieser Frage, ein Jahrhundert später versprachen die holländischen Staaten 30,000 Gulden. Man sieht leicht aus dem früher Gesagten, daß diese Frage gelöst war, sobald man eine Uhr hatte, die einen hinlänglich regelmäßigen Gang besaß. Man denke sich z. B. ein Seefahrer

beobachte in London einen Stern, der gerade seinen höchsten Punkt in dem Augenblick erreicht, in welchem seine nach Sternzeit eingerichtete Uhr auf 3 Uhr 40 Minuten steht, so wird der Stern in London auch an jedem folgenden Tage zu derselben Zeit seinen höchsten Punkt erreichen. Nun fahre er von London ab und komme an einen Ort, dessen Längenunterschied in Beziehung auf London er wissen will. Er beobachte wieder, wann der Stern seinen höchsten Punkt erreicht und finde, daß die Uhr in diesem Zeitpunkte auf 4 Uhr 45 Minuten steht, so weiß er, daß der Ort, an welchem er sich jetzt befindet, so liegt, daß der Stern dort 1 Stunde 5 Minuten später seinen höchsten Punkt erreicht als in London. Der Ort liegt also westlich von London, und zwar, da einer Stunde Sternzeit 15 Grad, einer Minute 15 Minuten (nämlich Kreisbogenminuten §. 10) entsprechen, so weiß er, daß er sich 15 Grad und 75 Minuten, oder 16 Grad 15 Minuten westlich von London befindet. Schon im Anfang des 16. Jahrhunderts schlug ein deutscher Astronom Gemma Frisius die Uhren zur Bestimmung der Längenunterschiede vor, aber freilich waren die Uhren damals noch zu unvollkommen, als daß man mit ihrer Hülfe den gewünschten Zweck hätte erreichen können. Nach manchen vergeblichen Versuchen wurde der Erfindungsgeist von neuem angespornt, als das englische Parlament einen Preis von 10,000 Pfund für eine Uhr versprach, welche auf einer Reise von sechs Monaten die Länge bis auf einen halben Grad genau angäbe. Diesen Preis gewann, wie ich schon früher (§. 11) erzählt habe, Harrison durch Erfindung der Chronometer.

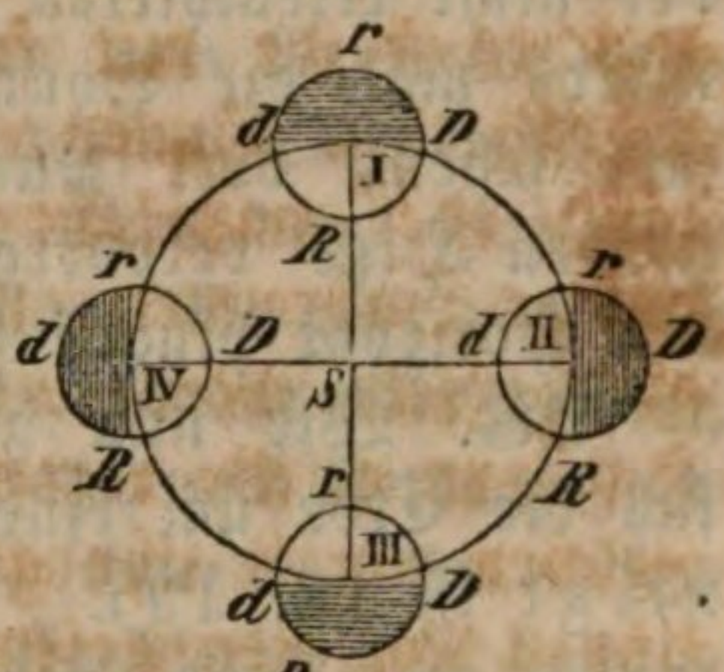
Jetzt wird man nicht leicht eine weite Seereise unternehmen, ohne ein oder mehre gute Chronometer mitzunehmen, wenigstens sollten die vielen Unglücksfälle, welche bereits aus Unkenntniß der geographischen Länge entstanden sind, für alle Zeiten zur Warnung dienen. Indessen darf ich nicht verschweigen, daß auch dem Chronometer, trotz der wunderbaren Vollkommenheit, zu welcher dieses Werkzeug jetzt durch die Geschicklichkeit neuerer Künstler gebracht worden ist, dennoch nicht ein so unbedingtes Vertrauen geschenkt werden darf, daß man sich Wochen oder Monate lang auf die Regelmäßigkeit seines Ganges verlassen dürfte. Wo man mehre Chronometer zugleich anwenden kann, kann man den Gang des einen durch

den des andern berichtigen, indessen gibt auch das keine vollkommene Sicherheit. Man hat es daher nicht für überflüssig gehalten, noch auf andere Mittel zu denken, durch welche man die Länge zur See finden kann, doch kann ich hierauf an dieser Stelle nicht eingehen. Wo es die Umstände erlauben, kann man den Längenunterschied zweier Punkte mit großer Schärfe durch folgendes Verfahren finden: Es wird vorausgesetzt, daß man an beiden Punkten Werkzeuge hat, durch welche man mit Genauigkeit den höchsten Stand der Sonne beobachten kann. An beiden Orten muß man zugleich Uhren haben, die wenigstens auf eine kurze Zeit einen regelmäßigen Gang behalten. Gesetzt, beide Beobachter hätten jeder seine Uhr genau auf 12 Uhr gestellt, als die Sonne ihren höchsten Stand erreicht hatte. Sie verabreden nun ein Zeichen zu beobachten, welches beide mit freiem Auge oder mit Hülfe eines Fernrohrs sehen können, z. B. eine Rakete, die man aufsteigen läßt, oder man läßt des Nachts in freier Luft etwas Schießpulver verbrennen, was man, wenn die Aussicht frei ist, bequem viele Meilen weit sehen kann, oder etwas Aehnliches. Hat nun z. B. der eine Beobachter aufgezeichnet, daß er das Zeichen um 8 Uhr gesehen hat, während der andere dafür 8 Uhr 4 Minuten gesetzt hat, so folgt hieraus, daß der Längenunterschied viermal 15 Minuten oder einen Grad beträgt. Man kann dieß von einem Orte zum anderen fortsetzen, und so den Längenunterschied sehr entfernter Punkte finden. Auf diese Weise wurde z. B. im Jahre 1837 der Unterschied der Länge der Sternwarte in Göttingen, Marburg und Mannheim bestimmt. In Göttingen und auf dem Frauenberge bei Marburg wurden die Zeichen beobachtet, die auf dem Meißner gegeben wurden, und dann wieder auf dem Frauenberge und in Mannheim die Zeichen die auf dem Feldberge gegeben wurden.

27. Betrachten wir nun den Einfluß, welchen die jährliche Bewegung der Erde auf die Länge der Tage und Nächte und auf die Jahreszeiten hat. Was die Jahreszeiten wesentlich unterscheidet, ist die Verschiedenheit in der Erwärmung, welche die Erde von der Sonne empfängt. Je länger die Sonne über dem Horizonte verweilt, desto stärker ist die Erwärmung, sie hängt also von der Dauer des Tages (im Gegensatze zur Nacht) ab. Aber sie hängt zugleich von der Höhe ab, welche die Sonne über dem Horizonte erreicht;

denn je höher die Sonne steigt, desto mächtiger wirken ihre Strahlen. Jeder weiß, daß die Mittagssonne stärker wirkt, als die Morgensonne. Am heißesten wird die Sonne brennen, am stärksten den Boden erwärmen, wenn sie über dem Scheitel des Beobachters steht. Es kann mithin kommen, daß ein Ort, an welchem die Sonne zwar lange über dem Horizont verweilte, aber sich nicht hoch über denselben erhebt, weit weniger erwärmt wird als ein anderer, an welchem sie nicht so lang über dem Horizonte bleibt, aber weit höher steigt.

Die Erde wird, wie schon früher (§. 10) bemerkt worden ist, immer zur Hälfte von der Sonne erleuchtet, während die andere Hälfte im Dunkeln liegt. Man denke sich nun zunächst, die Erde hätte gar keine Achsendrehung und bewegte sich jährlich in einem Kreise herum, in dessen Mittelpunkt die Sonne wäre. Dieser Mittelpunkt wird in der Zeichnung durch S bezeichnet, die Erde durch den Kreis d r D R, sie kommen allmählig in die vier Bogen, die durch I, II, III, IV bezeichnet sind.

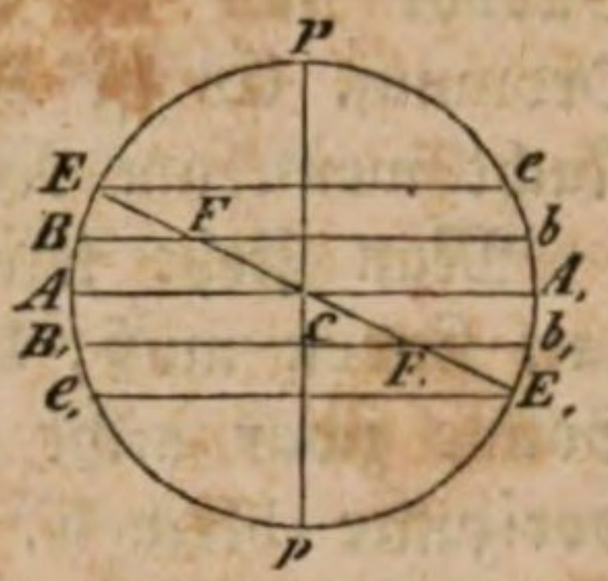


In der Lage I würde die Halbkugel d D R fortwährend erleuchtet seyn, während die Halbkugel d D r fortwährend im Dunkeln läge, im Punkte R würde man die Sonne beständig im Scheitelpunkte sehen, dort würde eine drückende Schwüle seyn, während im Punkte r erstarrende Kälte wäre. Rückte nun die Erde allmählich fort, so würde sie nach einem Vierteljahre in die Lage II gekommen seyn, nun hätte man im Punkte d die Sonne über dem Scheitel, die Punkte r und R lägen in der Lichtgränze, für den ersten Punkt ginge die Sonne auf, für den zweiten unter. Nach einem halben Jahre wäre die Erde in der Lage III. Nun hätte man in r die Sonne über dem Scheitel, für d ginge sie unter, für D auf, der Punkt R wäre in tiefe Nacht begraben. Nach drei Vierteljahren wäre die Erde in der Lage IV, nun hätte man im Punkte D die Sonne über dem Scheitel, für R ginge sie auf, für r unter, in d wäre tiefe Nacht, nach dem abermaligen Verlauf eines Vierteljahres käme die Erde endlich wieder in die Lage I. Unter solchen Verhältnissen würde also jeder Ort der Erde sechs Monate lang die Sonne sehen, und dann wieder sechs Monate durch keinen Sonnenstrahl erhellt werden.

Man denke sich nun einen zweiten Fall: die Erde drehte sich zugleich um eine Achse, aber diese Achse wäre auf der Erdbahn *senkrecht*, was, da die Erdachse auf dem Aequator der Erde senkrecht steht, so viel hieße, als der Aequator fiele mit der Ebene der Erdbahn zusammen. In diesem Falle würde auf der ganzen Erde und das ganze Jahr hindurch keine Ungleichheit der Tage und daher auch kein Unterschied der Jahreszeiten statt finden. Denn in welchem Punkte ihrer Bahn sich auch die Erde befände, die Erleuchtungsgränze, welche die von der Sonne beschienene Halbkugel von der nicht beschienenen trennt, würde immer durch die Pole der Erde gehen, und da jeder Punkt während eines Tages einen ganzen Kreis um die Erdachse beschreibt, so würde er sich während eines halben Tages in der erleuchteten und während der zweiten Hälfte in der nicht erleuchteten Halbkugel befinden. Unter dem Aequator würde man die Sonne täglich über den Scheitel herauf kommen sehen, dort würde wahrscheinlich Alles unter der sengenden Hitze verdorren, während sie an den Polen nie über den Horizont hinauf stiege.

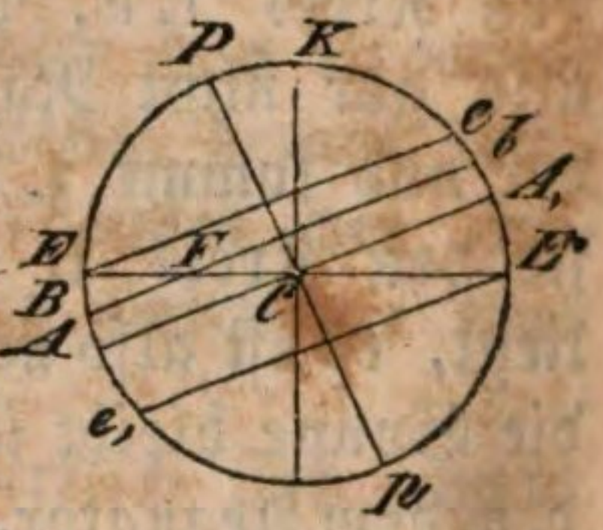
28. Wie nun aber die Verhältnisse wirklich sind, dreht sich die Erde um eine Achse, welche gegen die Erdbahn *geneigt* ist (§. 19). Nehmen wir noch immer der Einfachheit wegen an, diese Bahn sei ein Kreis, da sie ja, wie früher (§. 19) erläutert wurde, nur wenig davon abweicht, so wenig, daß wir hier, wo es uns nur auf das Allgemeine der Erscheinungen ankommt, noch gar keine Rücksicht darauf zu nehmen brauchen. Wir wollen uns zur fernern Vereinfachung, wie früher (§. 19), noch eine Annahme erlauben. Während nämlich die Erde in Wahrheit unaufhörlich in ihrer Bahn fortgeht, wollen wir annehmen, sie rücke nur von Tag zu Tag fort, so daß sie während *eines* Tages immer in demselben Punkte stehen bliebe, und am Anfange des folgenden in den Punkt überspränge, in welchen sie wirklich durch ihr ununterbrochenes Fortrücken anlangt. Die Sonne würde also nach dieser Vorstellung ebenfalls in ihrer scheinbaren jährlichen Bahn nur von Tag zu Tag fortzurücken scheinen, und wir gewinnen dadurch den Vortheil, daß sie während eines Tages wie ein Fixstern betrachtet werden kann, ohne daß hieraus für unsere allgemeinen Betrachtungen irgend ein Nachtheil entspringt. Man denke sich zuerst einen Beobachter, der an einem der Erdpole steht.

Er wird also einen der Himmelspole über seinem Scheitel haben. Der Kreis A P A' p versinnliche die Himmelskugel. P und p seyen die Himmelspole, der Beobachter befinde sich unter dem Nordpole P, welcher mitten in seinem Scheitelpunkte steht. Sein Horizont, der, wie immer, die Himmelskugel in zwei Hälften theilt, wird also mit dem Aequator, welchen A A' bezeichnet, zusammenfallen. Ferner stelle E E' die scheinbare jährliche Kreisbahn der Sonne dar, so daß also jeder der Bogen A E, A, E,, 23 Grad 28 Minuten beträgt (§. 18). Ist nun die Sonne in E wo sie am weitesten nach Norden vom Aequator entfernt ist, so beschreibt sie an diesem Tage, vermöge der täglichen Bewegung, den Kreis E e, der ganz über dem Horizonte liegt, es wird also gar nicht Nacht. Sie nähert sich nun dem Aequator wieder und kommt z. B. in den Punkt F, an diesem Tage beschreibt sie den Kreis B b, der auch noch ganz über dem Horizonte liegt, es ist also noch immer fortwährend Tag. So geht dieß fort, die Sonne bleibt immer über dem Horizonte, kommt aber diesem, d. h. dem Aequator, immer näher, bis sie zuletzt, nach Verlauf eines Vierteljahres, den Aequator im Punkte C schneidet. An diesem Tage durchläuft sie den Aequator selbst, sie bleibt also beständig im Horizonte und geht weder auf noch unter. Nun entfernt sie sich nach Süden vom Aequator und bleibt beständig unter dem Horizonte, so daß fortwährend Nacht ist. Sie kommt z. B. nach dem Punkte F' und beschreibt während ihrer täglichen Bewegung den Kreis B, b, der ganz unter dem Horizonte liegt; nach Ende des zweiten Vierteljahres hat sie sich am weitesten nach Süden vom Aequator entfernt, sie ist in dem Punkte E, angelangt und beschreibt, während dieses Tages den Kreis E, e,. In dem nächsten halben Jahre wiederholen sich nun dieselben Erscheinungen in umgekehrter Ordnung. In dessen erstem Viertel bleibt nämlich die Sonne noch immer beständig unter dem Horizonte, bis sie am Schlusse desselben den Aequator zum zweiten Male durchschneidet. Dann erhebt sie sich nach Norden, bleibt beständig über dem Horizonte und kommt am Schlusse des Jahres wieder im Punkte E an. Es ist mithin ein halbes Jahr lang beständig Tag, ein halbes Jahr lang beständig Nacht, die Sonne erhebt sich aber



nie höher als 23 Grad 28 Minuten über den Horizont. Am Südpol sind die Erscheinungen dieselben, nur in umgekehrter Ordnung. Es ist dort Tag wenn am Nordpol Nacht ist, und Nacht wenn am Nordpol Tag ist.

Man sieht leicht, daß Aehnliches auch in den Gegenden statt finden muß, die den Polen nahe liegen. Dort wird die Sonne zwar nicht mehr ein halbes Jahr über oder unter dem Horizonte bleiben, aber doch noch immer Monate und Tage lang, bis man endlich, wenn man immer weiter vom Pole weggeht zu einem Punkte kommt, der 23 Grad 28 Minuten davon entfernt ist, also um eben so viel als die Neigung der Erdbahn gegen den Aequator beträgt; an dieser Grenze ist es noch einmal im Jahre 24 Stunden Tag und 24 Stunden Nacht.

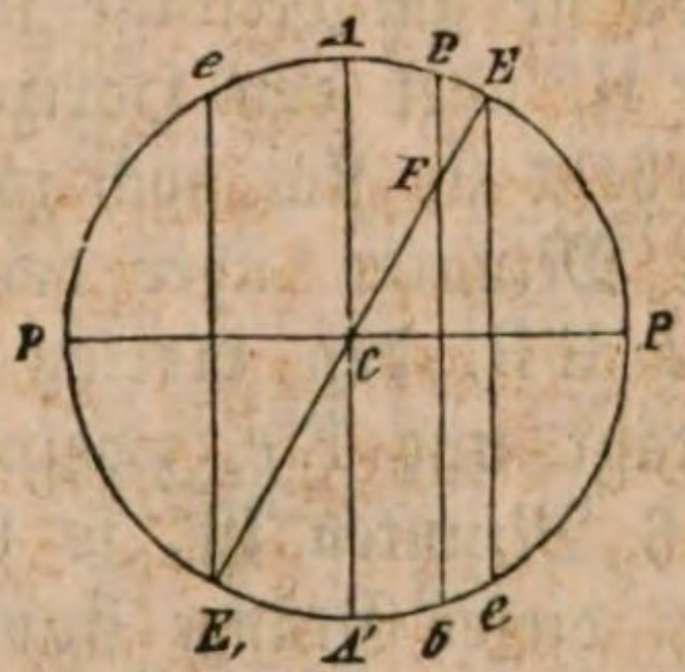


Mit Beibehaltung der früheren Bedeutung der Buchstaben sey nämlich nun nicht der Pol, sondern K der Punkt der Himmelskugel, welcher über dem Scheitel des Beobachters steht, so daß der Bogen P K, d. h. der Abstand dieses Punktes vom Pole 23 Grad 28 Minuten beträgt. Der Horizont hat nun dieselbe Neigung gegen den Aequator, d. h. diese Neigung beträgt ebenfalls 23 Grad 28 Minuten, oder der Horizont fällt mit der jährlichen Bahn der Sonne E E zusammen. Ist also die Sonne in E, in ihrer weitesten nördlichen Entfernung vom Aequator A A, so beschreibt sie während dieses Tages den Kreis Ee, der, wie man sieht, ganz über dem Horizonte liegt; an diesem Tage geht also die Sonne binnen 24 Stunden gar nicht unter. Man sieht zugleich, daß sie dann, wo sie die größte Höhe über dem Horizonte erreicht, doch nur bis zu e, d. h. bis zu zweimal 23 Grad 28 Minuten oder nicht volle 47 Grad über denselben herauf kommt, da der Bogen eE das Doppelte des Bogens AE ist. Die Sonne nähert sich nun dem Aequator, ein Theil ihres täglichen Kreises liegt über, der andere unter dem Horizont; es tritt jetzt der Wechsel von Tag und Nacht binnen 24 Stunden ein, die Tage werden kürzer, die Nächte länger. Doch sind die Tage noch immer länger als die Nächte. Ist sie z. B. in F, so beschreibt sie an diesem Tage den Kreis Bb, von welchem das Stück BF unter, das längere Stück Fb über dem Horizonte

liegt. Trifft sie in C im Aequator ein, so ist nun Tag und Nacht gleich, das Stück C A ihres täglichen Kreises A A', welches unter dem Horizonte liegt, ist eben so groß als das andere Stück C A, welches über dem Horizonte liegt. Entfernt sich nun die Sonne nach Süden, so werden die Tage immer kürzer, die Nächte länger, bis sie zuletzt ihre größte südliche Entfernung in E, erreicht hat. Hier liegt nun ihr ganzer täglicher Kreis E, e, unter dem Horizonte, die Sonne geht also binnen 24 Stunden gar nicht auf. Im nächsten halben Jahr wiederholen sich, jedoch in umgekehrter Ordnung, dieselben Erscheinungen.

Denkt man sich durch alle Punkte der Erde, deren Scheitelpunkt um 23 Grad 28 Minuten von dem Nord- oder Südpole, oder was dasselbe sagt, um 66 Grad 32 Minuten von dem Aequator absteht*, einen Kreis gelegt, so nennt man die zwei Stücke der Erde, welche zwischen jedem Pole und dem entsprechenden Kreise enthalten sind, die kalten Zonen. Die eine Zone reicht also vom Nordpole bis zu einem Kreise, dessen nördliche geographische Breite 66 Grad 32 Minuten ist, die andere vom Südpole bis zu einem Kreise, welcher dieselbe südliche geographische Breite hat.

Man versetze nun den Beobachter nach dem Aequator, d. h. er habe nun einen Punkt A des Aequators der Himmelskugel im Scheitel, die Himmelsachse P p liegt also in seinem Horizonte. Man sieht, daß nun, wo sich auch die Sonne in ihrer Bahn E E, befinde, der Kreis, den sie täglich beschreibt, durch den Horizont in zwei gleiche Theile getheilt wird. Unter dem Aequator ist also das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht gleich lang.

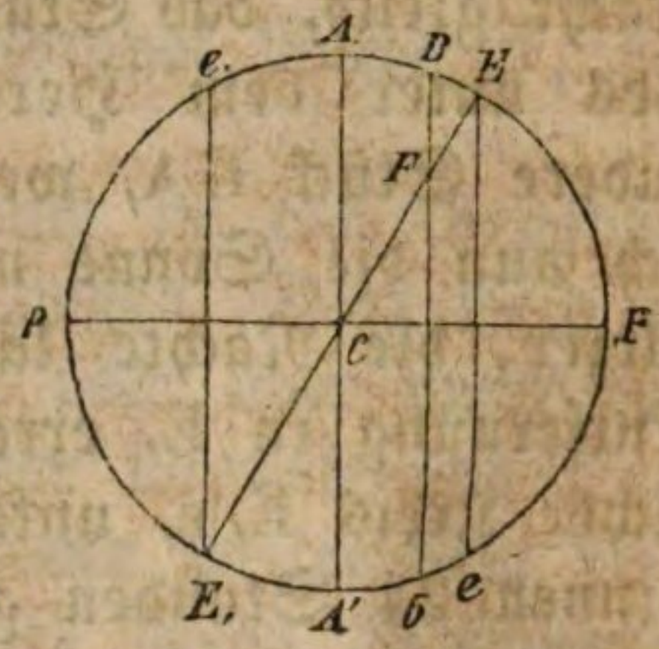


Zweimal im Jahre, wenn die Sonne nämlich im Aequator ist, kommt sie am Mittage in den Scheitelpunkt des Beobachters, wie in der Zeichnung, wenn sie im Punkte C ist. Aber selbst wenn sie sich, in E oder E, am weitesten vom Aequator entfernt, erreicht sie noch immer am Mittage eine Höhe von

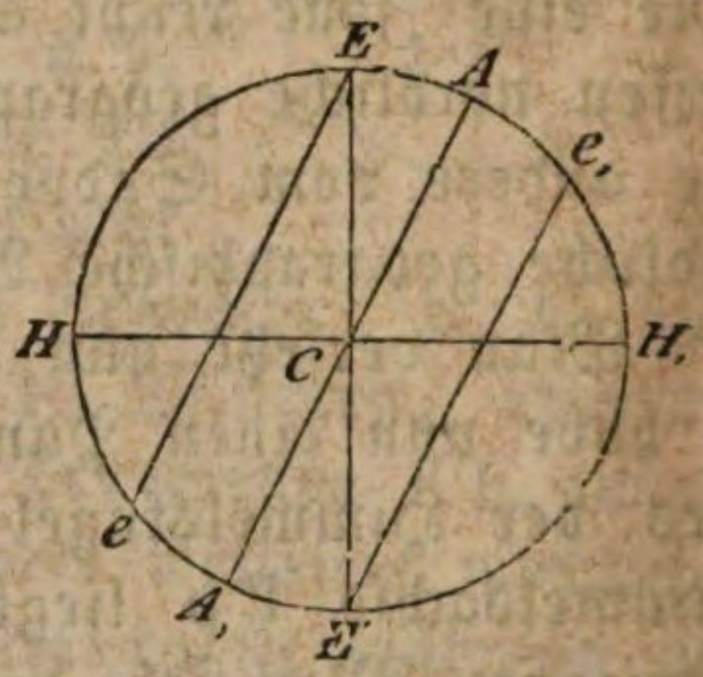
---

* Da nämlich der Pol um den vierten Theil eines Kreises, d. h. um 90 Grade vom Aequator entfernt ist.

66 Grad 32 Minuten über dem Horizonte; so viel beträgt nämlich der Bogen E P oder e p.



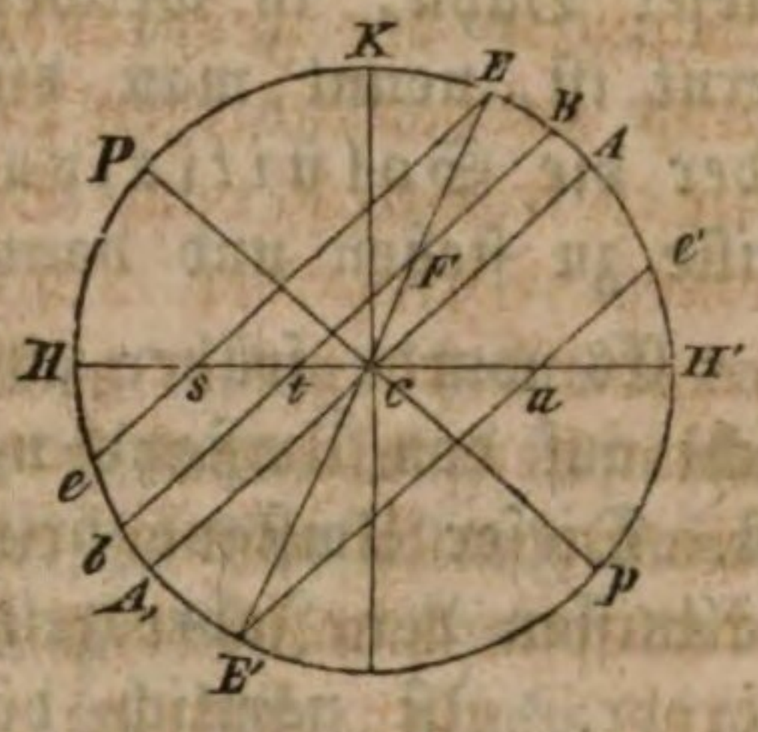
An den Orten der Erde, die zwischen dem Aequator und jenen Orten liegen, welche einen Punkt des scheinbaren jährlichen Kreises der Sonne über ihrem Scheitel haben, geht die Sonne einmal im Jahre am Mittage über den Scheitel des Beobachters weg; hat man den Punkt B über seinem Scheitel, so findet dieß statt, wenn die Sonne in F steht, d. h. wenn die Entfernung der Sonne vom Aequator der geographischen Breite des Ortes gleich ist; und auch an den übrigen Tagen des Jahres entfernt sich die Sonne nie beträchtlich vom Scheitelpunkte. Steht ein Beobachter an einem Orte, der 22 Grad 28 Minuten vom Aequator entfernt ist, da wo er z. B. einen Punkt E über dem Scheitel hat, so kommt die Sonne noch immer einmal im Jahre, wenn sie nämlich den Kreis E e durchläuft, über seinem Scheitel herauf. Aber selbst wenn sie im Punkte E' steht, wo sie am Mittage ihre geringste Höhe e' H, über dem Horizonte H H, erreicht, erhebt sie sich noch immer um 43 Grad 4 Minuten über den Horizont; denn da E H, den vierten Theil eines Kreises oder 90 Grad beträgt und E e, zweimal 23 Grad 28 Minuten oder 46 Grad 56 Minuten ist, so beträgt e, H, 43 Grad 4 Minuten. Auch an dieser Gränze sind die Tage noch nicht beträchtlich von den Nächten verschieden, da der längste Tag wie die längste Nacht nur ungefähr $13^1/_2$ Stunden betragen. Denkt man sich durch alle Punkte der Erde, deren Scheitelpunkte um 23 Grad 28 Minuten auf beiden Seiten vom Aequator abstehen, einen Kreis gelegt, so nennt man die zwei zwischen dem Aequator und diesen Kreisen enthaltenen Erdstriche die heißen Zonen. Die zwei Kreise selbst nennt man die Wendekreise. (Vergl. §. 32.)



Zwischen den heißen und kalten Zonen liegen die gemäßigten Zonen, wo die Sonne nie am Mittage im Scheitelpunkte des Beobachters steht, sondern desto weiter da-

von entfernt ist, je größer die geographische Breite, d. h. je näher man dem Pole ist, aber sich auch nie am Mittage unter dem Horizonte befindet. Je näher man dem Pole kommt, desto größer wird der Unterschied zwischen der Länge der Tage und Nächte, immer aber wechseln Tag und Nacht innerhalb 24 Stunden ab. Erst in den gemäßigten Zonen treten die Unterschiede der Jahreszeiten deutlich hervor und zwar so, daß die beiden entgegengesetzten gemäßigten Zonen auch entgegengesetzte Jahreszeiten haben. Wir selbst wohnen in derjenigen gemäßigten Zone, die zwischen dem Nordpole und dem Aequator enthalten ist.

In Karlsruhe z. B. beträgt die geographische Breite in runden Zahlen 49 Grad. Mit Beibehaltung der übrigen früheren Beziehungen soll nun K der Punkt der Himmelskugel seyn, den ein dortiger Beobachter über seinem Scheitel hat. Der Abstand des Nordpols P vom Horizonte beträgt also ebenfalls 49 Grad (die Polhöhe §. 25). Ist die Sonne den 22 Juni in E, in ihrer weitesten nördlichen Entfernung vom Aequator, so beschreibt sie



während dieses Tages den Kreis E e,
von welchem das Stück E s über, das Stück s e unter dem Horizonte liegt; dann ist der längste Tag und die kürzeste Nacht. Nähert sich nun die Sonne dem Aequator, so nehmen die Tage ab, die Nächte zu; ist sie z. B. in F, so beschreibt sie während dieses Tages den Kreis B b, von diesem liegt das Stück B t (welches kleiner als E s ist) über, das Stück t b (welches größer als s e ist) unter dem Horizonte. Durchschneidet sie den 23 September den Aequator in C, so ist Tag und Nacht gleich lang; rückt sie nun nach Süden, so nehmen die Nächte zu, die Tage ab, bis endlich, wenn sie ihre weiteste südliche Entfernung vom Aequator in E' erreicht, der kürzeste Tag ist; sie beschreibt dann den Kreis e' E', von welchem das kleinere Stück e' u über, das größere u E' unter dem Horizonte liegt. Hierauf nähert sie sich dem Aequator wieder, die Tage nehmen zu, bis endlich, wenn sie den 21 März zum zweiten Male in den Aequator kommt, Tag und Nacht wieder gleich lang sind; dann nehmen die Tage fortwährend zu, bis sie wieder in dem Punkt E anlangt.

Man bemerke noch besonders, daß, wie auch sonst Tag- und Nachtlänge auf der Erde verschieden sind, dennoch allenthalben Tag und Nacht gleich sind, wenn die Sonne in die zwei Punkte tritt, in welchen sie den Aequator durchschneidet. Denn da überall die Hälfte des Aequators über, die andere Hälfte unter dem Horizonte liegt, so beschreibt die Sonne, wenn sie im Aequator steht, auch überall die Hälfte ihres scheinbaren täglichen Kreises über, die andere Hälfte unter dem Horizonte. Man nennt eben deßwegen die zwei Punkte, in welchen die jährliche scheinbare Bahn der Sonne den Aequator durchschneidet, die Punkte der Nachtgleichen oder gewöhnlicher die Aequinoctialpunkte. Die zwei Punkte dieser Bahn, in welcher sie am weitesten vom Aequator entfernt ist, nennt man die Punkte des Sonnenstillstandes oder die Solstitialpunkte, weil die Sonne dort gleichsam stille zu stehen und dann umzukehren scheint (§. 18).

Es wurde früher ausdrücklich bemerkt, daß wir keine Rücksicht auf den Umstand nehmen, daß die Erdbahn eine Ellipse ist. Dieser Umstand bringt aber in den eben erläuterten Verhältnissen der Jahreszeiten allerdings einen kleinen Unterschied hervor. Ist nämlich die Erde in dem Punkte ihrer Bahn, wo sie der Sonne am nächsten ist, oder, wie man sagt, in ihrer Sonnennähe (was den 31 December der Fall ist), so muß sie stärker erwärmt werden, als wenn sie weiter von derselben entfernt wäre. Am weitesten steht sie von der Sonne ab am 3 Juli, dann heißt es, sie sey in ihrer Sonnenferne.

Da der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Entfernung ungefähr $^1/_{30}$ der mittleren Entfernung beträgt (§. 19), so würde dieß allerdings einen merklichen Einfluß auf die Erwärmung haben. Bei uns würde der Winter wärmer, der Sommer kälter seyn, während in der südlichen Halbkugel der Winter kälter, der Sommer wärmer wäre, als wenn die Sonne im Mittelpunkte der Erdbahn stände. Indessen wird dieser Einfluß wieder fast ganz dadurch aufgehoben, daß sich die Erde in ihrer Sonnennähe viel schneller bewegt, als in ihrer Sonnenferne.

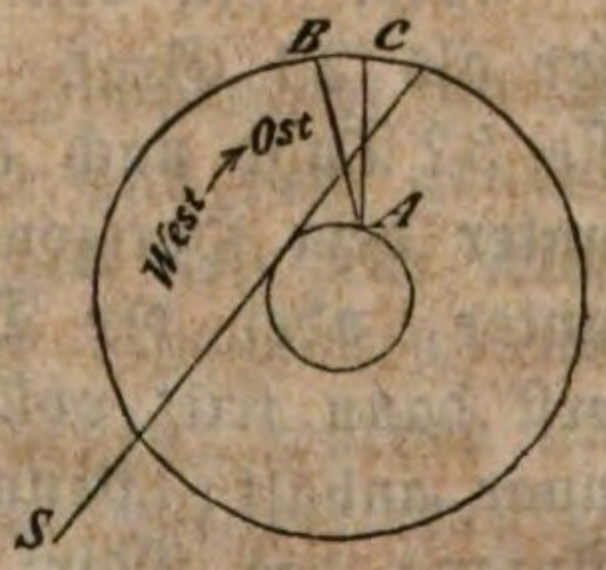
Aus der folgenden Tabelle kann man sehen, wie die Dauer der längsten Tage (und Nächte) mit der geographischen Breite

zunimmt, man bemerkt, daß dieß in der Nähe der Pole sehr rasch geschieht.

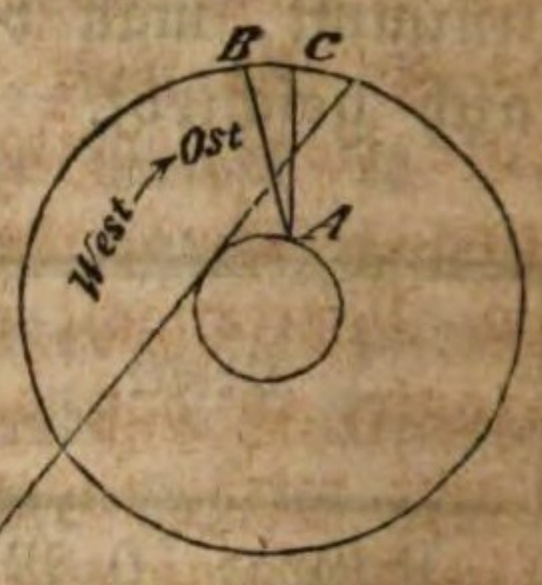
Breite.				Längster Tag.		Breite.				Längster Tag.	
0	Grad	0	Min.	12	Stdn.	65	Grad	48	Min.	22	Stdn.
16	"	44	"	13	"	66	"	21	"	23	"
30	"	48	"	14	"	66	"	32	"	24	"
41	"	24	"	15	"	67	"	23	"	1	Monat
49	"	2	"	16	"	69	"	51	"	2	"
54	"	31	"	17	"	73	"	40	"	3	"
58	"	27	"	18	"	78	"	11	"	4	"
61	"	19	"	19	"	84	"	5	"	5	"
63	"	23	"	20	"	90	"	0	"	6	"
64	"	50	"	21	"						

29. Wenn wir im Vorhergehenden gesagt haben, daß in der Nähe der Pole Tage lang, ja Monate lang beständig Nacht ist, so würde man jedoch eine falsche Vorstellung haben, wenn man glaubte, daß es in jenen Gegenden während dieser Zeit völlig finster ist, wie bei uns in tiefer Nacht. Es sollte damit nur gesagt werden, daß die Sonne dann nicht über den Horizont heraufkommt.

Aber abgesehen davon, daß sie durch die Strahlenbrechung noch einige Zeit nach ihrem Untergange sichtbar bleibt (§. 6), auch abgesehen von der glänzenden Erscheinung der Nord- und Südlichter, wovon später mehr die Rede seyn wird, durch welche jene Gegenden fast beständig erhellt werden, so wird auch die Zeit der völligen Dunkelheit beträchtlich durch die Morgen- und Abenddämmerung abgekürzt, die ja auch bei uns allenthalben, wenn auch nicht in so starkem Maße, die Gegenstände sichtbar macht, selbst wenn die Sonne tief unter dem Horizonte steht. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß die Sonne ihre Strahlen auch nach der uns umgebenden Lufthülle sendet und daß diese von dort zu uns zurückgeworfen werden. Einen Punkt A der Erde wird die Sonne, die in S steht, nicht mehr unmittelbar beleuchten, sie wird für diesen Punkt unter-



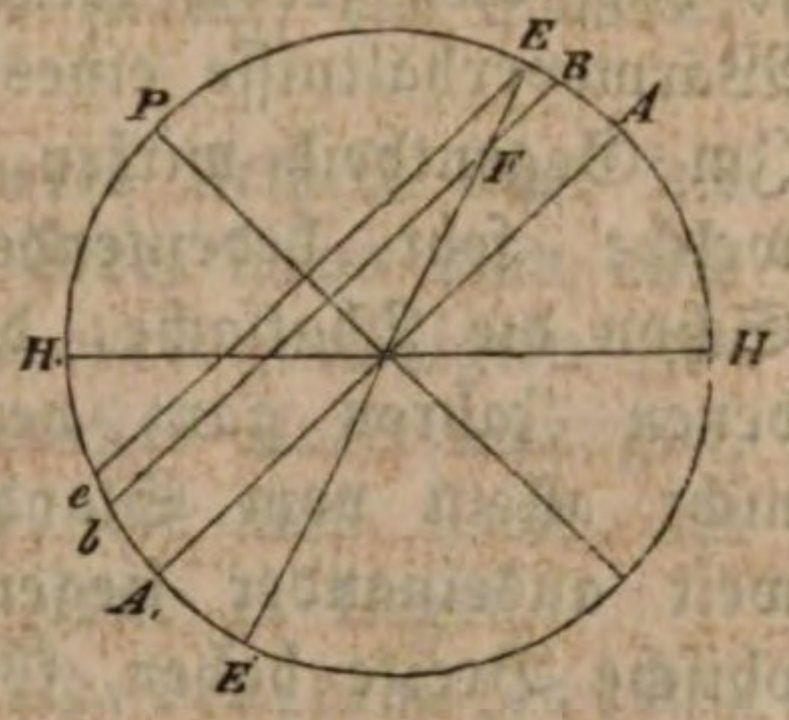
gegangen seyn; aber die Lufttheilchen, wie B und C, werden noch beleuchtet und werfen die Strahlen auf den Punkt A zurück. So wie sich aber die Erde weiter nach Osten dreht, so sinkt ein immer größerer Theil der unteren erleuchteten Luftschichten unter den Horizont des Punktes A, bis zuletzt auch die höchsten erleuchteten Stellen nicht mehr sichtbar sind. Die Dämmerung wird daher immer schwächer, je tiefer die Sonne unter dem Horizonte steht. Will man den Anfang der Morgendämmerung und das Ende der Abenddämmerung etwa durch Sichtbar- und Unsichtbarwerden der uns umgebenden Gegenstände bestimmen, so ist das etwas sehr Unbestimmtes, da die Beschaffenheit des Gegenstandes, so wie der mehr oder weniger günstigen Oertlichkeiten große Unterschiede machen kann. Schärfer läßt sich der Begriff der Dämmerung bestimmen, wenn man sagt, daß die Abenddämmerung aufhört, wenn die kleinsten Sterne, die man noch mit freiem Auge sehen kann, sichtbar werden und daß die Morgendämmerung beginnt, wenn diese Sterne zu verschwinden anfangen. Man hat beobachtet, daß dieß der Fall ist, wenn die Sonne ungefähr 18 Grad unter dem Horizonte steht, und hieraus hat man berechnet, daß alsdann die höchsten Punkte der Lufthülle, welche noch das Sonnenlicht zurückwerfen, ungefähr 9 Meilen hoch liegen müssen. Bis zu dieser Höhe erstreckt sich also die Atmosphäre jedenfalls. Da nun die Fähigkeit, die Strahlen zurückzuwerfen, wesentlich von der Dichtigkeit der Luft abhängt, und sie nach unseren früheren Bemerkungen in einer Höhe von 9 Meilen schon ungemein dünn seyn muß (§. 5), so ist es kein Wunder, daß die noch höher liegenden Luftschichten gar keine Dämmerung mehr hervorbringen können.



30. An den Polen, wo die Sonne überhaupt nicht tiefer als 23 Grad 28 Minuten unter den Horizont sinkt, ist sie 52 Tage nach ihrem Untergange noch immer nicht 18 Grad unter dem Horizonte. Am Nordpol geht sie am 23 September unter, aber die Dämmerung dauert bis zum 13 November, erst dann tritt völlige Dunkelheit ein, welche bis zum 29 Januar anhält; dann wird es schon wieder in Osten hell, im Anfang des März ist die Morgendämmerung schon so stark,

daß die Sterne unsichtbar werden, bis dann am 21 März sich die Sonne selbst im Horizonte zeigt. Je näher ein Ort dem Pole liegt, desto länger dauert die Dämmerung, in Petersburg z. B. ist die Sonne vom 22 April bis zum 20 August um Mitternacht immer weniger als 18 Grad unter dem Horizonte, so daß es also um diese Zeit dort gar nicht eigentlich Nacht wird, indem die Morgendämmerung unmittelbar auf die Abenddämmerung folgt. In Karlsruhe dagegen findet dieß nur noch vom 9 Juni bis zum 3 Juli statt, etwas weiter nach Süden, wie etwa in München, gar nicht mehr.

Die folgende Zeichnung kann dazu dienen, dieß noch anschaulicher zu machen: Sei P der Nordpol, A A, der Aequator der Himmelskugel, E E′ der jährliche Kreis der Sonne, H H, der Horizont irgend eines Beobachters. Am längsten Tage beschreibt die Sonne den Kreis E e und ist um Mitternacht in e. Je größer die Polhöhe, d. h. je weiter der Pol vom Horizont entfernt ist, desto weniger tief liegt der Punkt A,



des Aequators und also auch der Punkt e unter dem Horizonte. Beträgt der Bogen H, e nicht weniger als 18 Grad, so ist selbst am längsten Tage keine fortwährende Dämmerung. Ist aber die Polhöhe so groß, daß H, e weniger als 18 Grad beträgt, so wird die Sonne schon, ehe sie nach E kommt, in einem Punkte F ihrer Bahn, wo sie den täglichen Kreis B b beschreibt, um Mitternacht in b stehen und H, b weniger als 18 Grad betragen; in der ganzen Zeit, während welcher sie von F nach E und zurückgeht, wird daher fortwährend Dämmerung seyn. Je größer die Polhöhe ist, desto größer ist diese Linie F E und man kann jedesmal aus der bekannten Polhöhe ihre Größe, also auch die Zeit der fortwährenden Dämmerung berechnen.

Die Eigenschaft der Luft, daß sie das Sonnenlicht zurückwirft, ist übrigens auch am hellen Tage für uns vom größten Nutzen. Denn ohne diese Eigenschaft würden wir nur solche Gegenstände sehen, die unmittelbar von der Sonne beschienen werden, die übrigen, welche im Schatten liegen, würden uns unsichtbar seyn. Jede Wolke, die vor der Sonne vorüber-

zöge, würde uns ihr Licht gänzlich entziehen und uns in tiefes Dunkel hüllen, jedes Zimmer, in welches die Sonne nicht hineinschiene, würde völlig finster seyn.

Daß dieß Alles nicht statt hat, verdanken wir der uns umgebenden Lufthülle und ihrer Eigenschaft, daß sie einen Theil des Sonnenlichtes nach allen Richtungen hin zurückwirft und gleichsam umherstreut.

31. Wenn früher gesagt wurde, daß die Erwärmung eines Ortes auf der Erde wesentlich von der Höhe, welche die Sonne über dem Horizonte erreicht, und von der Zeit, während welcher sie über demselben verweilt, bedingt wird (§. 27), so darf dieß jedoch keineswegs so gedeutet werden, als ob die Wärmeverhältnisse eines Ortes lediglich hiervon abhingen. Im Gegentheil wirken hier noch eine Menge Umstände ein, welche sehr bedeutende Unterschiede hervorbringen können. Schon die Thatsache, daß die Wärmeverhältnisse in verschiedenen Jahren ganz verschieden ausfallen, beweist, daß sie nicht allein vom Stande der Sonne abhängen. Nicht bloß weit auseinander liegende Punkte, welche dieselbe geographische Breite haben, können sich in Beziehung auf ihre Wärmeverhältnisse sehr verschieden verhalten, so wie es z. B. in Philadelphia viel kälter ist als in derselben Breite in Europa, auch bei sehr nahe liegenden Orten kommt dieß mitunter vor. Hauptsächlich kommt es neben dem Stande der Sonne noch auf folgende Umstände an: Zunächst muß man die Binnenländer und Küstenländer wohl unterscheiden; auf dem Meere und an den Küsten ist der Sommer weniger warm, aber auch der Winter weit gelinder. So z. B. gedeiht die Myrte an der Küste von Glenarm in Irland, unter derselben Breite, unter welcher Königsberg liegt, eben so gut wie in Portugal, und es fällt dort gar kein Schnee. Nicht geringer ist der Einfluß, den die Höhe des Ortes hat; wenn man von den Ebenen, die in der Nähe des Chimborazo liegen, bis zu dessen Gipfel aufsteigt, so kann man alle verschiedenen Wärmeverhältnisse durchwandern, von denen der heißen Zone an bis zu denen der kalten. Auch die verschiedenen Winde haben den bedeutendsten Einfluß; die Luftmassen sehr entfernter Gegenden stehen oft in der innigsten Verbindung und bewirken eine merkwürdige Mischung der Wärmeverhältnisse ganz verschiedener Breiten. So wird gewiß die Kälte der Polar-

gegenden sehr dadurch gemildert, daß die warmen Luftmassen, die sich über der heißen Zone erheben, nach den Polen hin strömen. Auch die Richtung der Bergzüge, Waldungen, die Beschaffenheit des Bodens selbst, der nicht allenthalben gleichmäßig die Wärme aufnimmt, alle diese Umstände müssen in Betracht gezogen werden. Daher kann es kommen, daß die Umänderungen, welche Menschenhände in der Beschaffenheit eines Erdstriches hervorbringen, das Trockenlegen der Sümpfe, Ausrottung der Waldungen, Urbarmachen und Anpflanzen, auch die Wärmeverhältnisse gänzlich umändern können. Es ist eine ausgemachte Thatsache, daß in Nordamerika, seitdem Europäer dort wohnen, die Winter weniger streng, die Sommer weniger heiß geworden sind.

Man hat daher noch gar kein sicheres Urtheil über die Wärmeverhältnisse eines Ortes auf der Erde, wenn man auch weiß, ob er in einer der heißen, kalten oder gemäßigten Zonen liegt. Wirklich scheinen, nach den neuesten Untersuchungen, die kältesten wie die heißesten Erdstriche, die man kennt, an den Gränzen der nördlichen gemäßigten Zone zu liegen.

32. Ich habe im Früheren mehrfach von dem *Jahre*, d. h. von der Zeit gesprochen, innerhalb welcher die Erde einmal ihre Bahn um die Sonne beschreibt. Aus der Darstellung, die ich in §. 30 von der Entstehung der Jahreszeiten gegeben habe, könnte man nun auf die Vermuthung geleitet werden, als ob diese Zeit *genau* dieselbe wäre, wie diejenige, innerhalb welcher dieselben Jahreszeiten wiederkehren. Dieß ist aber *nicht* der Fall, vielmehr ist der Zeitraum, innerhalb dessen dieselben Jahreszeiten wiederkehren und welchen wir im gewöhnlichen Leben vorzugsweise ein *Jahr*, in der wissenschaftlichen Sprache ein *tropisches Jahr*, nennen, etwas kleiner als die Zeit, in welcher die Erde sich einmal um die Sonne bewegt, die man das *siderische Jahr* nennt. Hat man zu einer gewissen Zeit, z. B. in dem Augenblick, als die Sonne im Frühling im Aequator war, beobachtet, daß sie zugleich bei einem gewissen Sterne gesehen wurde, so ist das siderische Jahr zu Ende, wenn die Sonne zum zweiten Male bei diesem Sterne gesehen wird, indem hieraus folgt, daß nun die Erde wieder in dieselbe Lage gegen die Sonne gekommen ist. Wäre nun das tropische Jahr einerlei mit dem siderischen, so müßte die Sonne nun auch wieder im Aequator

seyn, während die Beobachtungen zeigen, daß dieß nicht der Fall ist.

Um die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne genauer verfolgen zu können, theilte man bereits vor uralter Zeit den Kreis, welchen sie zu durchlaufen scheint, in 12 gleiche Theile, so daß, da der ganze Kreis 360 Grade enthält (§. 10), auf jeden Theil 30 Grade kommen. Den Anfang dieser Theile setzte man in den Punkt, in welchem die Sonne sich befindet, wenn sie im Frühling den Aequator durchschneidet, und zählte dann, dem scheinbaren Laufe der Sonne folgend, diese Theile von Westen nach Osten fort (§. 19). Den ganzen Kreis nennt man die Ekliptik und sagt daher: die Ekliptik werde in 12 gleiche Theile getheilt. Um diese Theile genauer bestimmen zu können, bildete man aus den Sternen, die in der Ekliptik und deren Nähe sich befinden, 12 Gruppen, für welche man besondere Namen und Zeichen einführte.

Aus einem später zu erläuternden Grunde nahm man hierzu Sterne, die auf beiden Seiten bis zu 10 Grad von der Ekliptik entfernt sind, und nannte den (20 Grad breiten) Streifen, welchen diese Sterne am Himmel einnehmen, den Thierkreis (Zodiacus), weil die Namen dieser Gruppen, mit welchen zugleich die 12 Theile der Ekliptik bezeichnet werden, meistens von Thieren entlehnt sind. Diese bekannten Namen und die ihnen entsprechenden Zeichen sind:

1) Widder. 2) Stier. 3) Zwillinge. 4) Krebs. 5) Löwe. 6) Jungfrau.

♈ ♉ ♊ ♋ ♌ ♍

7) Wage. 8) Skorpion. 9) Schütz. 10) Steinbock. 11) Wassermann. 12) Fische.

♎ ♏ ♐ ♑ ♒ ♓

Noch lange, nachdem diese Einrichtung zuerst erdacht worden war, glaubte man ohne Zweifel, daß sich die Sonne immer zu derselben Jahreszeit bei demselben Sterne befände. Man sagte daher: im Anfange unseres Frühlings steht die Sonne im ersten Punkte des Widders, diesen Punkt nannte man eben deßwegen den Frühlingspunkt, oder, weil alsdann Tag und Nacht gleich sind, den Nachtgleichepunkt (auch Aequinoctialpunkt) des Frühlings. Im Anfange unseres Sommers steht die Sonne im ersten Punkte des Krebses, und da sie an diesem Tage über den Scheitel aller

Punkte des Kreises weggeht, welcher die nördliche heiße Zone begränzt (§. 28), so nennt man diesen Kreis den Wendekreis des Krebses, und zwar Wendekreis, weil sich die Sonne alsdann wieder zum Aequator zurück zu wenden scheint (§. 18). Im Anfange unseres Herbstes steht sie bei dem ersten Punkte der Wage, und dieser Punkt ist der Nachtgleichepunkt oder Aequinoctialpunkt des Herbstes. Im Anfange unseres Winters steht sie bei dem ersten Punkte des Steinbocks, an diesem Tage geht sie über den Scheitel der Punkte des Kreises weg, welcher die südliche heiße Zone begränzt, weßwegen dieser Kreis der Wendekreis des Steinbocks genannt wird.

Aber der große griechische Astronom Hipparchus bemerkte zuerst (130 v. Chr.), indem er seine Beobachtungen mit denen verglich, welche ein anderer Astronom Timocharis 150 Jahre früher angestellt hatte, daß die Sonne zu seiner Zeit im Anfange des Frühlings nicht mehr bei denselben Sternen stand, wie damals, sondern bei anderen, die weiter westlich lagen, so daß sich der Frühlingspunkt verschoben zu haben und in der Ekliptik von Osten nach Westen — also der Richtung, nach welcher man in der Ekliptik fortzählt, entgegengesetzt — fortgerückt zu seyn schien. Die Beobachtungen der späteren Astronomen haben gezeigt, daß diese Erscheinung, die man das Vorrücken (Präcession) der Nachtgleichen nennt, immer fortdauert und zwar in dem Maße, daß der Frühlingspunkt in ungefähr 72 Jahren um einen Grad von Osten nach Westen in der Ekliptik fortrückt. Seit Hipparch, also in ungefähr 2000 Jahren, ist er um mehr als 27 Grade fortgerückt und liegt jetzt nicht mehr im Widder, sondern in den Fischen. Trotz dem hat sich in unseren Kalendern die Gewohnheit erhalten, den Frühling mit dem Eintritt der Sonne in den Widder u. s. w. zu beginnen. Soll dieß noch jetzt einen Sinn haben, so muß man zwischen den Theilen (Zeichen) der Ekliptik und den Sterngruppen, welche denselben Namen führen, wohl unterscheiden. Rechnet man nämlich in der Ekliptik immer von dem Punkte an, in welchem die Sonne im Frühling den Aequator durchschneidet, so nennt man die ersten 30 Grade das Zeichen des Widders, die folgenden 30 Grade das Zeichen des Stiers u. s. w., ohne hierbei auf die Sterne Rücksicht zu nehmen, welche sich in diesen Räumen

und in deren Nähe befinden, während man die Sterngruppen, die den Namen Widder, Stier u. s. w. erhalten haben, dadurch von diesen Zeichen unterscheidet, daß man sie das Sternbild des Widders u. s. w. nennt. Wenn man daher z. B. jetzt sagt, die Sonne trete im Anfange unseres Sommers in den Krebs, so will man damit nicht ausdrücken, daß sie um diese Zeit bei den ersten Sternen der Gruppe steht, die man Krebs nennt, da sie vielmehr bei Sternen steht, die zu den Zwillingen gehören; man will vielmehr damit nur sagen, daß sie um 3 Zeichen oder um 90 Grade von dem Punkte entfernt ist, in welchem sie beim Beginn des Frühlings stand.

Das Vorrücken der Nachtgleichen ließe sich auf zwei verschiedene Arten erklären. Entweder könnte man annehmen, daß die Lage des Aequators ungeändert bleibt, aber die Lage der Ekliptik sich so verändert, daß die Durchschnittspunkte dieser zwei Kreise sich fortwährend ändern, oder man kann zweitens annehmen, daß die Lage der Ekliptik ungeändert bleibt und dagegen der Aequator es ist, welcher die Ekliptik in immer anderen Punkten durchschneidet. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die zweite Annahme die richtige ist.

Da nun der Aequator des Himmels nur das Abbild des Aequators der Erdkugel ist (§. 15), so kann man hieraus abnehmen, daß der letztere, mithin auch die Erdachse, fortwährend eine andere Lage im Raume annehmen muß. Es ist gelungen, den Grund dieser Veränderung auf's Bestimmteste nachzuweisen, worauf wir aber hier noch nicht eingehen können; halten wir uns zunächst an die Thatsache. Wenn früher (§. 19) gesagt wurde, daß die Erdachse — und mithin auch die Himmelsachse — immer dieselbe Richtung hat, so ergibt sich nun, daß dieß nicht streng richtig ist. Nur weil die Aenderung dieser Richtung so langsam fortgeht, daß ihre Wirkung erst nach vielen Jahren sehr merklich wird, durfte sie vorläufig, um Verwirrung zu vermeiden, vernachläßigt werden. In Wahrheit aber hat die Erdachse nicht immer dieselbe Richtung, sie zeigt nicht immer nach denselben Punkten des Himmels, so daß mithin die Lage der Himmelspole sich ebenfalls ändert. Der Stern, den wir jetzt Polarstern nennen (§. 15), weil er dem Pole näher steht, als irgend ein anderer heller Stern, konnte vor 2000 Jahren noch gar

keinen Anspruch auf diesen Namen machen, er stand damals noch sehr weit davon ab, jetzt kommt er dem Pole oder vielmehr der Pol ihm immer näher und wird in ungefähr 250 Jahren seine größte Nähe erreichen; später wird er sich aber wieder weiter entfernen, der Name Polarstern wird alsdann für diesen Stern keine Bedeutung mehr haben und anderen hellen Sternen zukommen, die zu jenen Zeiten dem Pole am nächsten stehen werden. Im Allgemeinen gesprochen, bewirkt die Vorrückung der Nachtgleichen, daß sich die Endpunkte der Erdachse in einem Kreise herumdrehen und daher auch der Himmelspol allmälig in allen Punkten eines entsprechenden Kreises am Himmel liegen wird. — Auf die geographische Breite oder Polhöhe eines Ortes (§. 25) hat diese Schwankung der Erdachse gar keinen Einfluß. Denn da hierbei sämmtliche Punkte der Erde ihre Lage im Raume gleichmäßig ändern, so bleibt ihre Lage gegen die Pole und den Aequator auch immer dieselbe; der Aequator ändert nur seine Lage im Raume, aber er verschiebt sich nicht auf der Erde selbst.

Eine unmittelbare Folge des Vorrückens der Nachtgleichen ist nun der im Anfange dieses Paragraphen erwähnte Unterschied zwischen tropischem und siderischem Jahre. Ich habe bemerkt, daß dieses Vorrücken in 72 Jahren ungefähr einen Grad, oder 3600 Bogensekunden (§. 10) beträgt, also in einem Jahre ungefähr 50 Bogensekunden. Indem die Erde sich von Westen nach Osten um die Sonne bewegt, wird der Aequator aus der Lage, die er zu einer gewissen Zeit (z. B. zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche) gegen die Sonne hat, heraus und allmälig in andere Lagen gebracht. Dieser Aenderung widersetzt er sich gleichsam, indem er sich vermöge der Präcession in entgegengesetzter Richtung, von Osten nach Westen, zurückbewegt; und da er sich in einem Jahre um 50 Sekunden zurückbewegt, so folgt daraus, daß er bereits wieder dieselbe Lage gegen die Sonne angenommen hat, daß also in unserem Beispiele bereits wieder die Frühlingsnachtgleiche eingetreten ist, wenn die Erde noch 50 Bogensekunden zu durchlaufen hat, um wieder in den Punkt einzutreffen, an welchem sie sich ein Jahr früher, zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche befand.

Das tropische Jahr, als die Zeit, innerhalb welcher die

Jahreszeiten sich wiederholen, hat einen größeren Anspruch auf das allgemein menschliche Interesse, als das siderische Jahr. Schon im Alterthume hat man sich vielfach damit beschäftigt, seine Länge zu bestimmen. Daß es mehr als 365 und weniger als 366 Tage beträgt, konnte schon die roheste Beobachtung lehren.

Die genauesten Bestimmungen, die uns aus den ältesten Zeiten erhalten sind, setzen dafür $365\frac{1}{4}$ Tage; Hipparch bestimmte es zu 365 Tagen 5 Stunden 55 Minuten 12 Sekunden. Spätere Beobachtungen zeigten indessen, daß auch diese Bestimmung nicht ganz genau ist. Es wird nun freilich überhaupt nie möglich seyn, seine Länge, die doch jedenfalls nur durch Beobachtung gefunden werden kann, mit der vollkommensten Genauigkeit zu finden, da man selbst bei der feinsten Bestimmung doch noch immer um etwas, sei es auch nur ein Bruchtheil einer Zeitsekunde, irren kann. Begnügt man sich mit einer Angabe, die bis auf einen solchen Fehler genau ist, so kann man mit Sicherheit sagen, daß das tropische Jahr, nach den neuesten Bestimmungen, gegenwärtig 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten $47\frac{1}{2}$ Sekunden* beträgt. Nicht immer ist es jedoch so groß gewesen und wird auch nicht immer so groß bleiben. Tiefere wissenschaftliche Untersuchungen haben nämlich gelehrt, daß das Vorrücken der Nachtgleichen kleinen Veränderungen unterworfen ist, mithin auch das tropische Jahr nicht immer genau dieselbe Größe behalten kann. Das siderische Jahr dagegen, oder die Zeit, innerhalb welcher die Erde ihre Bahn um die Sonne beschreibt, ist von diesen Aenderungen unabhängig und unveränderlich, abgesehen von sehr kleinen Schwankungen, die wir hier nicht berücksichtigen. Seine Dauer beträgt etwas mehr als 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten $10\frac{1}{2}$ Sekunden; es ist also jetzt 20 Minuten 23 Sekunden länger als das tropische.

---

* Hier und überall, wo nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt wird, beziehen sich die Zeitbestimmungen immer auf mittlere Sonnenzeit (§. 22.)

Fünftes Hauptstück.

33. Der Mond nimmt ebenfalls, wie sich von selbst versteht, an der täglichen Bewegung Theil und scheint sich daher, wie die Fixsterne, von Osten nach Westen in einem Kreise herum zu bewegen (§. 16). Wie die Sonne, hat er aber daneben noch eine eigenthümliche Bewegung von Westen nach Osten, nur mit dem Unterschiede, daß sie viel schneller, als die der Sonne ist und keine scheinbare, sondern eine wirkliche Bewegung dieses Körpers ist. Wenige Stunden einer mondhellen Nacht genügen, um das rasche Fortrücken des Mondes unter den Sternen von Westen nach Osten außer allen Zweifel zu setzen; in einer einzigen Stunde rückt er schon um mehr als seine Breite beträgt fort. Verfolgt man diese Bewegung, so findet man, daß der Mond (abgesehen von kleinen Aenderungen, die ich hier nicht berücksichtige), nach ungefähr 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten wieder bei denselben Sternen steht und dann seinen Lauf von Neuem beginnt. Dieser Weltkörper ist uns so nahe, daß wir mit Bequemlichkeit und größter Genauigkeit durch das früher angegebene Verfahren (§. 12) seine Entfernung messen können, und es ergibt sich daraus, daß seine durchschnittliche Entfernung vom Mittelpunkte der Erde 51,800 Meilen beträgt; sie wird nie viel größer oder viel kleiner, wo auch die Erde in ihrer weiten Bahn um die Sonne stehen mag. Hieraus ergibt sich, daß er die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne begleitet, indem er sich fortwährend von Westen nach Osten um dieselbe bewegt. Aus diesem Grunde nennt man ihn einen Trabanten oder Begleiter der Erde. Genauere Untersuchungen haben gelehrt, daß seine Bahn um die Erde, die man die Mondesbahn nennt, ähnlich wie die Erdbahn, eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte die Erde, wie dort die Sonne (§. 19), steht, und welche ziemlich vom Kreise verschieden, oder, wie man sich ausdrückt, ziemlich exzentrisch ist, so daß der Mond der Erde bis auf 48,960 Meilen nahe kommt, während er sich auch wieder bis auf 54,640 Meilen von ihr entfernt. Unter allen Umständen ist er uns aber näher als irgend ein anderer Weltkörper, und daher zeigt er uns mitunter die merkwürdige Erscheinung, daß er zwischen uns und

einen Fixstern tritt und diesen bedeckt, was man eine Sternbedeckung nennt. Zuweilen steht er auch zwischen uns und der Sonne, dann entzieht er uns das Licht ganz oder theilweise, was man eine gänzliche (totale) oder theilweise (partielle) Sonnenfinsterniß nennt. Eigentlich sollte man es eine Erdfinsterniß nennen, da nicht die Sonne, sondern vielmehr die Erde verfinstert wird.

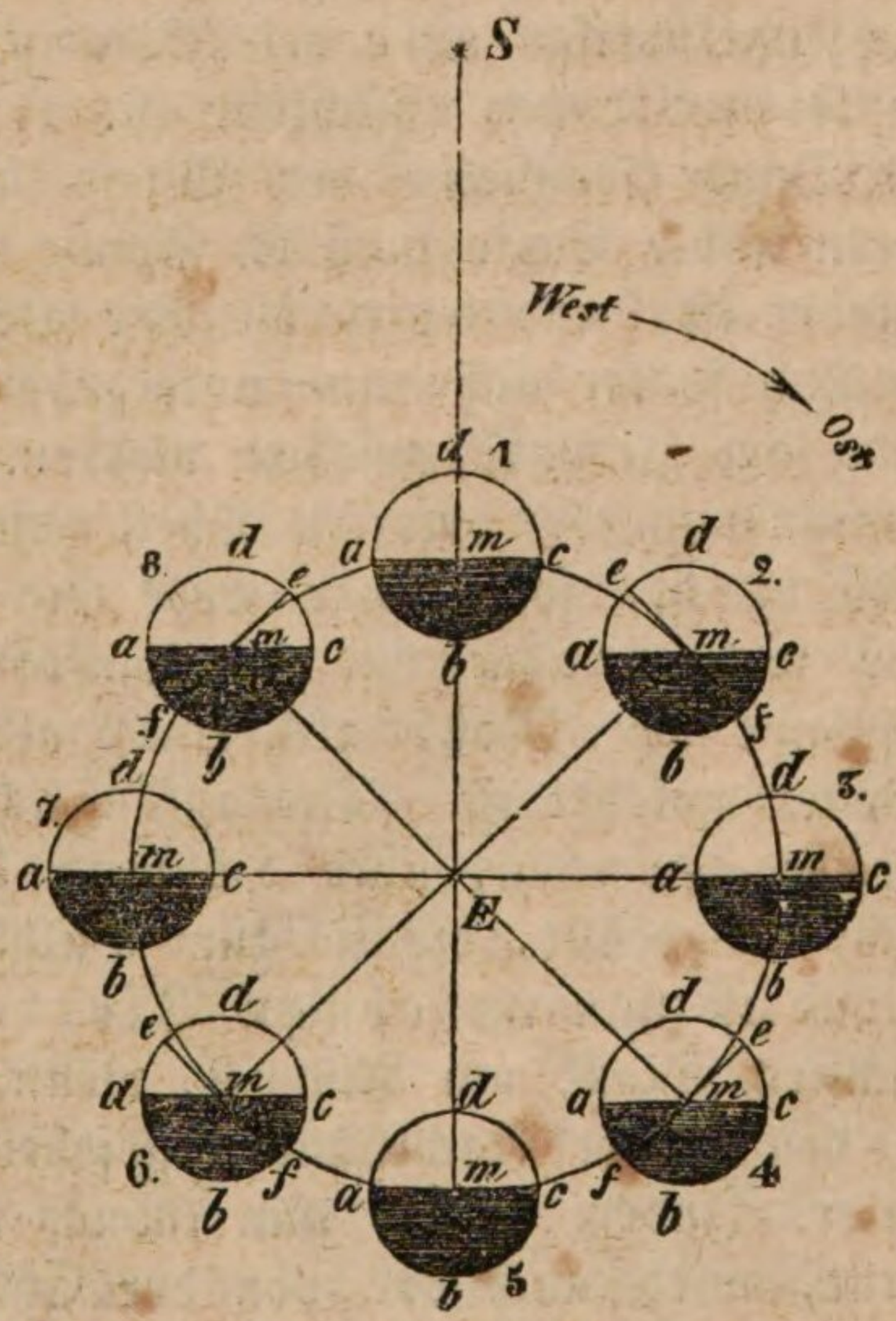
Die Ebene, in der sich der Mond bewegt, ist eine andere als die Ebene der Erdbahn und gegen dieselbe geneigt. Daher durchschneidet der Mond, während er seine Bahn um die Erde durchläuft, die Ebene der Erdbahn in zwei Punkten, die man Mondesknoten nennt, indem er sich einmal über die Ebene der Erdbahn erhebt und dann wieder unter dieselbe herabsinkt. Wir erkennen dieß daraus, daß der Mond nicht den Kreis der Ekliptik (§. 32) durchläuft, sondern einmal, indem er die Ekliptik durchschneidet, sich nach Norden erhebt und dann, indem er zurückkehrt, die Ekliptik nochmals durchschneidet und nach Süden herabsteigt; daher nennt man den ersten Durchschnittspunkt den aufsteigenden — den zweiten den absteigenden Knoten. Der Winkel, um welchen die Ebene der Mondbahn gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist, beträgt ungefähr 5 Grad. Um so viel entfernt er sich also auf beiden Seiten von der Ekliptik.

Die merkwürdigste Erscheinung, die uns der Mond darbietet, ist der allbekannte regelmäßige Wechsel seiner Gestalt, die sogenannten Mondesphasen.

Jedermann weiß, daß sich der Mond bald als eine volle runde Scheibe, bald nur als ein kleineres oder größeres Stück einer solchen zeigt, bald auch gar nicht gesehen wird, wiewohl er, der Rechnung gemäß, nothwendig über dem Horizonte stehen muß, und daß diese sämmtlichen Aenderungen binnen 29 bis 30 Tagen regelmäßig wiederkehren. Schon im hohen Alterthume kannte man den wahren Grund dieser Erscheinungen. Der Mond ist nämlich keine Scheibe — als solche erscheint er uns nur wegen der großen Entfernung, so wie wir alle Körper in beträchtlicher Entfernung nur als Flächen sehen — sondern ein kugelförmiger Körper, der aber nicht, wie die Sonne, ein ihm eigenthümliches Licht ausströmt, vielmehr dunkel ist, wie die Erde und nur dann leuchtend erscheint, wenn er von der Sonne beschienen wird, indem er,

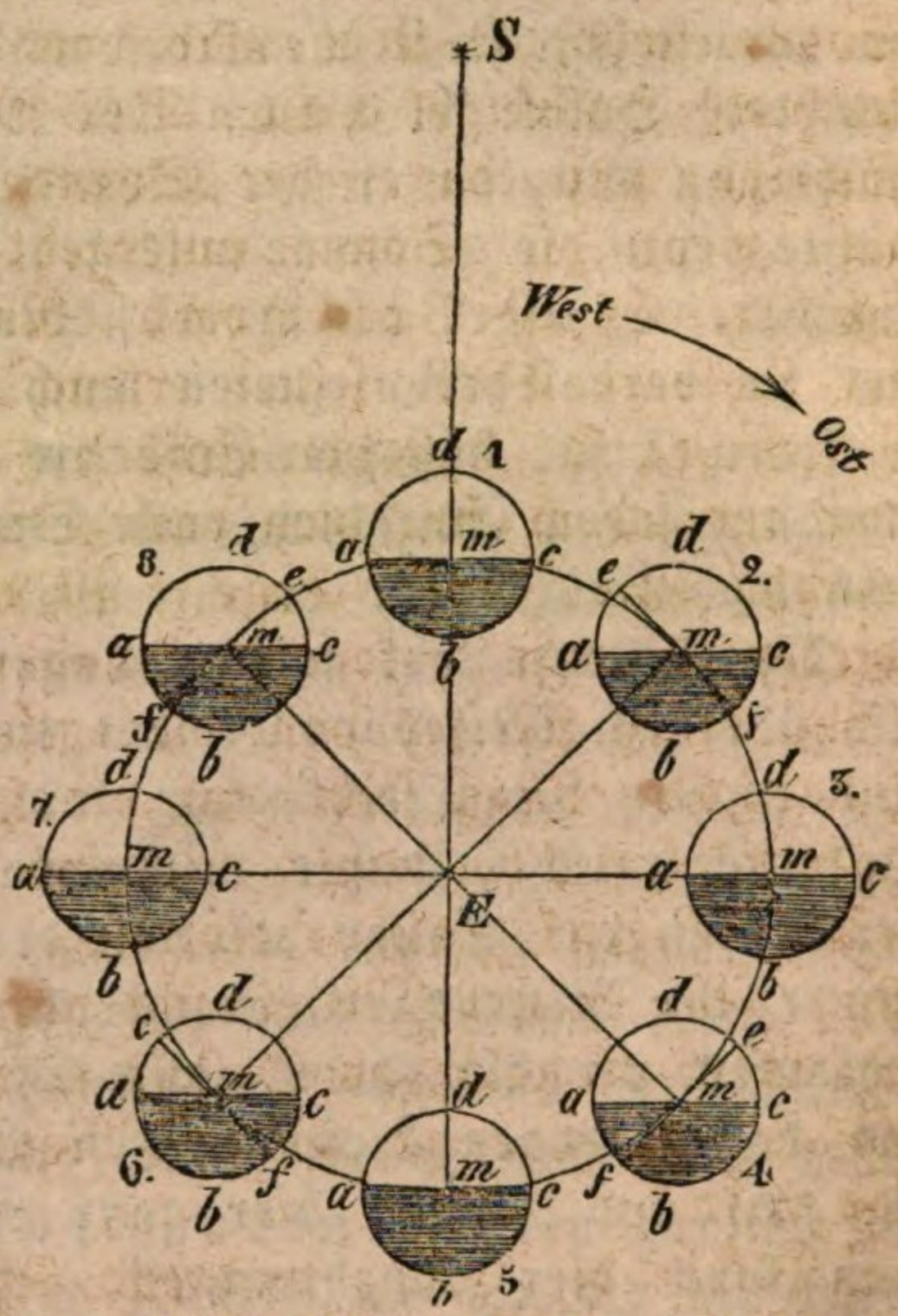
gleichsam wie eine polirte Fläche, uns dann die Sonnenstrahlen zurückwirft. Wie die Erde, wird auch er immer zur Hälfte von der Sonne beschienen (§. 19), während seine andere Hälfte im Dunkeln liegt. Würden wir immer die erleuchtete Hälfte sehen, so erschiene uns der Mond auch immer als volle Kreisscheibe, aber, indem er sich um die Erde dreht, kehrt er uns zu verschiedenen Zeiten auch nur einen geringeren oder größeren Theil seiner erleuchteten Halbkugel zu. Um die Erscheinungen im Einzelnen recht deutlich zu übersehen, bedenke man noch Folgendes:

Der Mond steht immer ungefähr so weit wie die Erde, also über 20 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, während er von der Erde immer nur ungefähr 50 Tausend Meilen entfernt ist, so daß er mithin durchschnittlich immer 400 Mal weiter von der Sonne als von der Erde absteht. Die Unterschiede der Richtungen, in welchen man ihn, während eines Umlaufes um die Erde, allmälig von der Sonne aus sieht, sind daher wegen dieser großen Entfernung sehr unbedeutend (§. 12) und können hier ganz vernachläßigt werden, d. h. man kann hier annehmen, daß die Sonnenstrahlen den Mond während eines ganzen Umlaufes immer nach derselben Richtung treffen oder, mit anderen Worten, daß die erleuchtete Hälfte des Mondes während dieser Zeit immer dieselbe Lage gegen die Sonne behält.



Man denke sich die Sonne im Punkte S, die Erde im Punkte E. Der Mond befinde sich zuerst in der Lage 1, so daß er gerade zwischen Sonne und Erde steht, so wird er nun unsichtbar seyn, denn von der Sonne wird die Halbkugel a d c beschienen, während der Erde die dunkele Halbkugel a b c

zugekehrt ist. Dann ist Neumond.



Da der Mond gegen E in derselben Richtung liegt, wie S, so würde man ihn, wenn er sichtbar wäre, auch an denselben Punkt der Himmelskugel versetzen, wie die Sonne, er geht also mit der Sonne auf und unter. Der Mond rückt nun in seiner Bahn um die Erde fort, und wird nach einigen Tagen in 2 stehen; von der Sonne wird noch immer die Halbkugel a d c erleuchtet, der Erde ist aber die Halbkugel e a b f zugekehrt, von welcher nur ein kleiner nach Westen liegender Kugelstreifen a m e erleuchtet ist, während der größere a m f dunkel und daher unsichtbar ist.

Daher erscheint der Mond nur als eine feine Sichel, deren hohle Seite von der Sonne abgewendet oder nach Osten gekehrt ist, und da er östlicher als die Sonne steht, so wird er auch später auf- und untergehen, also in der Abenddämmerung am Himmel gesehen werden. Rückt er nach 3, so daß er nun um den vierten Theil eines Kreises von der Sonne entfernt ist, so ist der Erde die Halbkugel a b d zugekehrt, von welcher aber nur die Hälfte a d m erleuchtet ist, daher erscheint der Mond als ein Halbkreis, dessen Rücken nach Westen gekehrt ist. Die anfängliche, feine Sichel ist immer breiter geworden, ihre Höhlung hat sich immer mehr mit Licht ausgefüllt, bis sie zum Halbkreise angewachsen ist. Der Mond ist nun im ersten Viertel. Er erreicht jetzt seinen höchsten Stand am Himmel, wenn die Sonne untergeht, wird in den ersten Nachtstunden gesehen und geht um Mitternacht unter. Indem er sich nun immer weiter von der Sonne entfernt, wird auch der von der Erde aus sichtbare erleuchtete Theil immer größer und er geht immer später unter. Kommt

er nach 5, so daß nun die Erde gerade zwischen ihm und der Sonne steht, so sieht man von der Erde aus die ganze erleuchtete Halbkugel a d c. Der Mond erscheint nun als runde Scheibe, und, da er der Sonne gegenüber steht, so geht er auf, wenn die Sonne untergeht, ist also die ganze Nacht sichtbar. Es ist Vollmond. Rückt er nun weiter, so nimmt der sichtbare Theil seiner erleuchteten Fläche wieder ab. In 6 steht er so, daß der Erde die Halbkugel d e f zugekehrt ist, von der jedoch nur das nach Osten liegende Stück e d c erleuchtet ist. In der Lage 7 ist der Mond der Sonne bereits wieder so nahe gekommen, daß er nur noch um den vierten Theil eines Kreises von ihr entfernt ist, jetzt ist das letzte Viertel. Man sieht nur die Hälfte d m c der erleuchteten Halbkugel a d c, daher erscheint der Mond wieder, wie im ersten Viertel, als Halbkreis, nur in umgekehrter Lage. Nun geht er um Mitternacht auf. In den folgenden Tagen nimmt er allmälig die Gestalt einer immer feineren Sichel an, bis er zuletzt beim nächsten Neumonde wieder ganz unsichtbar wird.

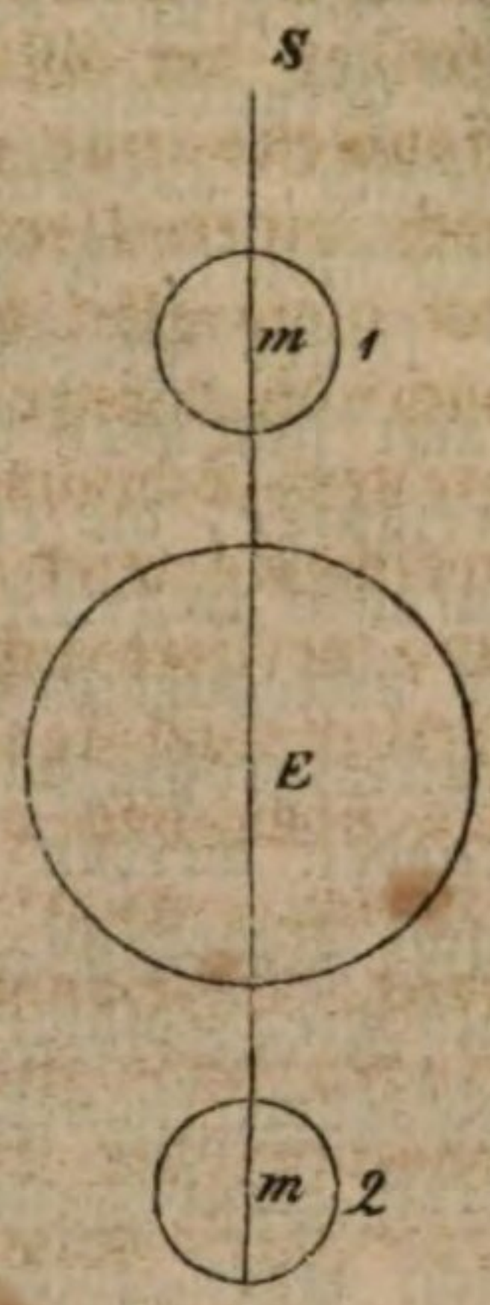
Bliebe die Erde, während sich der Mond um sie bewegt, immer an derselben Stelle im Raume, so würde die Zeit, innerhalb deren die verschiedenen Gestalten des Mondes sich wiederholen, seiner Umlaufszeit um die Erde gleich seyn. Allein während der Mond in seiner Bahn fortgeht, rückt auch die Erde in ihrer Bahn um die Sonne von Westen nach Osten fort; wenn er wieder z. B. an die Stelle seiner Bahn kommt, wo er mit der Erde und der Sonne in gerader Linie stand, so hat unterdessen die Erde eine andere Stellung eingenommen, der Mond muß sich mithin weiter nach Osten bewegen, um wieder in dieselbe Lage gegen Sonne und Erde zu kommen. Um wie viel er sich fortbewegen muß, ist leicht zu berechnen. Denn da die Erde täglich ungefähr um einen Grad in ihrer Bahn fortrückt (in 365 Tagen beschreibt sie nämlich fast die ganze Bahn oder 360 Grad), also in 27 Tagen ungefähr um 27 Grad, der Mond dagegen täglich etwas mehr als 13 Grad durchläuft, so muß er sich noch etwas mehr als zwei Tage fortbewegen, nachdem er binnen 27 Tagen seine Bahn um die Erde fast ganz durchlaufen hat, um wieder in dieselbe Stellung gegen die Erde und Sonne zu kommen.

Bei schärferer Berechnung findet man auf diese Weise, daß die Zeit, innerhalb welcher der Mond seine verschiedenen Gestalten annimmt, etwas mehr als 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten beträgt; diese Zeit nennt man den synodischen Monat.

34. Wenn ich gesagt habe, daß um die Zeit des Neumondes der Mond ganz unsichtbar ist und kurz vor oder nach Neumond nur als eine feine Sichel erscheint, so bedarf dieß noch einer kleinen Berichtigung. In der That erblickt man um diese Zeit häufig nicht bloß die glänzende Sichel, sondern auch die ganze übrige Mondesscheibe in einem matten aschgrauen Schimmer. Je größer der erleuchtete Theil der Mondesscheibe wird, desto schwächer wird diese aschgraue Färbung und verliert sich zuletzt gänzlich. Im Fernrohre sieht man sie freilich viel länger als mit unbewaffneten Augen, selbst noch bis über das erste Viertel hinaus und schon vor dem letzten Viertel. Von einer unmittelbaren Beleuchtung des Mondes durch die Sonne kann dieses Licht nach den früheren Erörterungen unmöglich herrühren, vielmehr muß es von der Beleuchtung der Erde durch die Sonne abgeleitet werden. Die Erde wirft nämlich die Strahlen, die sie von der Sonne erhält, eben so auf den Mond zurück, wie dieser die Strahlen, welche er von der Sonne erhält, der Erde zuwirft. Zur Zeit des Neumondes ist nun die unerleuchtete Halbkugel des Mondes der vollen erleuchteten Halbkugel der Erde zugekehrt, sie wird also von der Erde erleuchtet, und dieß ist die Ursache der aschgrauen Färbung, in welcher wir den Mond erblicken. Je weiter sich der Mond von dieser Lage entfernt, desto kleiner wird der ihm zugekehrte Theil der erleuchteten Halbkugel der Erde, und so wird die Färbung immer schwächer, bis sie zuletzt ganz aufhört. Das aschgraue Licht hat also zuerst die Reise von der Sonne zur Erde gemacht, ist von dieser dem Monde zugeschickt und darauf von diesem wieder zur Erde zurückgeworfen worden. Solche mehrfache Zurückwerfungen des Lichtes kann man leicht durch einen einfachen Versuch nachmachen. Man nehme eine polirte Metallkugel und halte sie gegen die Sonne, so wird die eine Hälfte derselben im Schatten liegen; hält man aber dieser Hälfte eine zweite polirte Kugel entgegen, die ebenfalls von der Sonne beleuchtet wird, so wird man auch die dunkele Hälfte der ersten Kugel matt

erleuchtet sehen; die erste Kugel versinnlicht den Mond, die zweite die Erde.

Würde sich der Mond immer in derselben Ebene wie die Erde bewegen, so würden die Erscheinungen nicht ganz so ausfallen, wie ich sie im Vorhergehenden beschrieben habe. In der Lage 1 würde man allerdings, wie früher bemerkt wurde, den durch den Kreis m bezeichneten Mond, der zwischen der in S befindlichen Sonne und der durch den Kreis E bezeichneten Erde steht, nicht sehen, aber es würde dann der Erde auch das Sonnenlicht durch den dazwischen getretenen Mond nach Umständen ganz oder theilweise entzogen werden. Es müßte also jedesmal zur Zeit des Neumondes eine gänzliche oder theilweise Sonnenfinsterniß entstehen (§. 33). In der Lage 2 würden wir aber keineswegs den Mond als volle erleuchtete Scheibe sehen, wie es früher angegeben wurde, sondern er würde vielmehr unsichtbar seyn. Denn nun würde die größere Erde, die zwischen Sonne und Mond steht, dem Monde alle Lichtstrahlen entziehen, wir würden also jedesmal statt des Vollmondes eine Mondesfinsterniß haben. Allein ich habe schon früher gesagt, daß der Mond die Ebene, in welcher sich die Erde bewegt, nur in zwei Punkten durchschneidet, sonst aber sich über oder unter dieser Ebene befindet. Aus diesem Grunde entzieht er in den meisten Fällen der Erde das Sonnenlicht nicht zur Zeit des Neumondes, so wie es auch ihm zur Zeit des Vollmondes nicht durch die Erde entzogen wird. Nur in den selteneren Fällen, wenn er gerade zur Zeit des Neumondes oder Vollmondes die Ebene der Erdbahn durchschneidet, entsteht im ersten Falle eine Sonnenfinsterniß, im zweiten eine Mondesfinsterniß. Später werde ich die Erscheinungen der Finsternisse noch mehr im Einzelnen besprechen, so wie auch manche Ungleichförmigkeiten in der Bewegung des Mondes, die ich hier vorsätzlich noch nicht berührt habe.



Sechstes Hauptstück.

35. Der wahre Sonnentag ist das natürlichste Zeitmaß für die gewöhnlichen Beschäftigungen des bürgerlichen Lebens (§. 20), und hat eben deßwegen bei allen Völkern der Erde als Grundlage ihrer Zeitrechnung gedient. So lange der Mensch, auf einer niederen Stufe der Bildung, nur in der Gegenwart, so zu sagen nur von Tag zu Tag lebt, bedarf er keines größeren Zeitmaßes. Auf höheren Bildungsstufen macht sich aber das Bedürfniß fühlbar, auch den Zeitpunkt der Ereignisse, die entweder in weiter Vergangenheit oder weiter Zukunft liegen, zu bestimmen. Dann erweist sich der Tag als unbequemes Zeitmaß, weil, in diesem Maßstabe ausgedrückt, große Zeiträume auch nur durch sehr große Zahlen angegeben werden können, welche die richtige Schätzung und die rasche Uebersicht der Zeitdauer erschweren. Man mußte daher bald die Nothwendigkeit fühlen, neben diesem durch die Natur gebotenen kleineren Maßstabe, dem Tage, sich noch eines größeren zu bedienen. Bei völlig freier Wahl hätte man sich leicht einen solchen größeren Maßstab künstlich bilden können. Wie man z. B., wo es darauf ankam, eine beträchtliche Länge zu messen, nicht bei dem kleineren Maßstabe, z. B. dem Fuße, stehen blieb, sondern aus einer Anzahl Fuße wieder einen größeren Maßstab, z. B. eine Ruthe, Meile, zusammensetzte, so hätte man auch aus einer bestimmten, willkührlich gewählten Anzahl Tage eine größere Einheit des Zeitmaßes bilden können. Indessen bietet die Natur selbst ein größeres Zeitmaß dar, als den Tag, das (tropische) Jahr nämlich, welches ebenfalls ein für den Menschen so wichtiger Zeitabschnitt ist, daß man sehr bald auf den Gedanken kommen mußte, größere Zeiträume nach Jahren zu messen. So finden wir fast ohne Ausnahme bei allen Völkern den Tag und das Jahr als kleineres und größeres Zeitmaß gebraucht. Da indessen das Jahr mehr als 365 ganze Tage enthält, so kommt nicht selten der Fall vor, daß man einen Zeitraum, der kleiner als ein Jahr ist, schon nicht mehr bequem durch Tage ausdrücken kann, weil ihre Anzahl schon groß wird; man sucht aber selbst mäßig große Zahlen bei Rechnungen, die im bürgerlichen Leben vorkommen, so viel als möglich zu vermeiden,

und mußte dieß in früheren Zeiten, wo die Rechenkunst viel weniger ausgebildet und verbreitet war, als jetzt, noch mehr thun. Daher hat man sich nach einem dritten Zeitmaße umgesehen, welches nur eine mäßige Anzahl von Tagen umfaßt. In der Natur ist ein solches Maß in dem synodischen Monat (§. 33) gegeben, die Wiederkehr derselben Mondesgestalt ist leicht zu beobachten, und wirklich haben viele Völker sich dieses Zeitmaßes bedient. Andere bildeten sich dagegen ein künstliches Zeitmaß, indem sie es aus einer beliebig gewählten Anzahl Tage zusammensetzten, die meistens nicht sehr von der Länge des synodischen Monats abweicht; daraus sind die verschiedenen Monate entsprungen.

Auch die siebentägige Woche, dann die Dekade, d. h. ein Zeitraum von zehn Tagen, welche bei den Griechen und bei den Franzosen zur Zeit der Republik im Gebrauch war, gehören zu den künstlichen Zeitmaßen.

So mannigfaltig nun auch durch diese verschiedenen Zeitmaße die Zeitrechnung verschiedener Völker geworden ist, so bilden doch immer die Dauer der scheinbaren täglichen und jährlichen Bewegung der Sonne und der synodische Monat die Grundlagen derselben, und man kann ebendeßwegen alle Zeitrechnungen auf drei Hauptformen zurückführen. Nimmt eine Zeitrechnung auf den Mondeslauf gar keine Rücksicht, sondern nur auf die Bewegung der Sonne, so sagt man, sie rechne nach freien Sonnenjahren; berücksichtigt sie zugleich den Mondeslauf, so rechnet sie nach gebundenen Mondjahren. Eine dritte Art Zeitrechnung, die sich ursprünglich nur bei den Arabern findet, von ihnen jedoch zu allen Bekennern der muhamedanischen Religion übergegangen ist, nimmt nur auf den Sonnentag und den synodischen Monat Rücksicht, dagegen sonderbarer Weise auf das tropische Jahr durchaus keine, von ihr sagt man, sie rechne nach freien Mondjahren. Ich werde später die Bedeutung dieses Jahres noch genauer angeben.

Die Araber sind, so weit wir wissen, das einzige Volk, welches bei seiner Zeitrechnung das Sonnenjahr unbeachtet gelassen hat, und man kann dieß nur daraus erklären, daß diese jedenfalls uralte Zeitrechnung in einer Zeit entstanden ist, wo sich die Araber noch auf einer sehr niederen Bildungsstufe

befanden, und, wie noch jetzt die Beduinen, keinen Ackerbau trieben.

Bei jeder dieser drei Zeitrechnungen findet sich aber eine Schwierigkeit, ohne deren Beseitigung sehr bald die ganze Einrichtung in Verwirrung gerathen, oder wenigstens höchst unbequem werden muß. Betrachten wir zuerst den Fall, wenn man auf die Bewegung des Mondes keine Rücksicht nimmt, also nur nach Tagen und freien Sonnenjahren rechnet. Enthielte das Jahr eine runde Zahl von Tagen, z. B. 365, so würde nach Ablauf dieser Zeit, mit dem Anfange eines neuen Tages auch ein neues Jahr beginnen. Allein wir haben früher gesehen, daß dieß keineswegs der Fall ist, daß das Jahr vielmehr sehr kleine Bruchtheile eines Tages enthält (§. 32). Gesetzt, wir behielten die dortige Angabe, nach welcher das Jahr 365 Tage 48 Minuten 47½ Sekunden beträgt, bei. Wenn nun das erste Jahr zugleich mit dem Tage von Mitternacht an gezählt würde, sollte man das folgende etwa 5 Stunden 48 Minuten 47½ Sekunden später, also um 5 Uhr 48 Minuten 47½ Sekunden beginnen, das darauf folgende wieder um eben so viel später und so fort? Man sieht, daß eine solche Einrichtung mit der Einfachheit einer bürgerlichen Zeitrechnung durchaus unverträglich wäre. Dieselbe Schwierigkeit zeigt sich, wenn man nur nach Tagen und synodischen Monaten rechnet, da auch ein solcher Monat keine runde Zahl von Tagen enthält (§. 33), und man sieht leicht, daß die Schwierigkeit noch größer wird, wenn man zugleich nach Mondmonaten und Sonnenjahren rechnet.

Um diesem Uebelstande abzuhelfen, hat man allenthalben dasselbe Mittel, nur bei verschiedenen Völkern in verschiedener Weise, angewandt, welches darin besteht, daß man die Bruchtheile des Tages, die noch in dem größeren Zeitmaße enthalten sind, so lange vernachlässigt, bis sie zu einem oder mehren ganzen Tagen anwachsen, die man alsdann noch hinzuzählt und so das Vernachlässigte mit einem Male wieder ersetzt. Das nennt man „einschalten", und die Tage oder Monate, welche eingeschaltet werden, Schalttage und Schaltmonate, das Jahr, in welchem eingeschaltet wird, Schaltjahr.

36. Zu den ältesten wohlgeordneten Zeitrechnungen, bei welchen eine Einschaltung vorkommt, gehört die persische.

Die Länge des tropischen Jahres wurde zu 365 Tagen 6 Stunden angenommen. Das bürgerliche Jahr wurde aber, mit Vernachlässigung der 6 überschüssigen Stunden, zu 365 Tagen bestimmt. Diese waren in 12 Monate, jeder zu 30 Tagen, vertheilt, und am Ende des zwölften Monats wurden noch 5 Tage angehängt. In vier Jahren wurde also ein Tag vernachlässigt, oder in 120 Jahren 30 Tage, daher wurde nach je 120 Jahren ein Monat von 30 Tagen eingeschaltet, so daß das 120ste Jahr aus 13 Monaten von 30 Tagen, und noch 5 Tagen bestand. Der Anfang des 121ten bürgerlichen Jahres traf also wieder mit dem Anfange des tropischen (unter der Voraussetzung, daß dieses wirklich $365^1/_4$ Tage enthält) zusammen, und so war allerdings dafür gesorgt, daß der Anfang des bürgerlichen Jahres immer in dieselbe Jahreszeit fiel und sich nur bis auf 30 Tage vom Anfange des tropischen entfernte. Dieselbe Einrichtung hatte auch höchst wahrscheinlich das bürgerliche Jahr der alten Aegypter. Diese Einrichtung hat aber zwei bedeutende Mängel: Erstens entfernte sich doch zwischen einem und dem nächsten Schaltmonate der Anfang des bürgerlichen Jahres zu sehr von dem Anfange des wahren Jahres, so daß auch der Anfang der Jahreszeiten keine feste Stelle im Jahre behielt. Während z. B. bei uns der Frühlingsanfang immer um den 21 März fällt, mußte er im persischen Kalender nach und nach auf 30 verschiedene Tage fallen, so daß mithin das Volk die Jahreszeit nicht ohne Rechnung aus dem Kalendertage finden konnte. Bedenklicher ist der zweite Mangel, daß nämlich dieses Schaltverfahren, welches erst nach 120 Jahren wiederholt wurde, nie volksthümlich werden konnte. Eine Einschaltung, die manche Geschlechter gar nicht, andere nur einmal erlebten, konnte unmöglich im Bewußtseyn der großen Menge fest haften, sie war auf das Vorhandenseyn eines Priesterstandes berechnet, in dessen Mitte sie sich durch Ueberlieferung erhielt. Sobald daher mit der Zerstörung des altpersischen und altägyptischen Reiches auch der Priesterstand seine Macht verlor, wurde diese Schaltmethode gänzlich vergessen. Bei den Persern trat dieß ein, als im Jahre 636 n. Chr. ihr Reich durch die Bekenner des Islam zerstört wurde. Seit dieser Zeit hatten sie nur Jahre von 365 Tagen ohne alle Einschaltung, bis der Sultan Dschelaleddin im Jahre 1079 eine

neue Schaltmethode einführte. Bei den Aegyptern hörte die Schaltmethode schon früher auf (um 300 v. Chr.), als sie unter griechische Oberherrschaft kamen; seit dieser Zeit hatten sie ebenfalls nur Jahre von 365 Tagen, bis sie (30 v. Chr.) unter die Herrschaft der Römer kamen und nun deren nicht lange vorher eingeführte Zeitrechnung annahmen.

Die römische Zeitrechnung hatte seit Erbauung Roms mancherlei Umänderungen erfahren, war aber zuletzt durch Nachlässigkeit und wahrscheinlich auch durch absichtliche Verfälschung in arge Verwirrung gerathen. Der große Feldherr Julius Cäsar erwarb sich (45 v. Chr.) das Verdienst, daß er dieser Unordnung steuerte, indem er eine neue geordnete Zeitrechnung einführte, die nach ihm die julianische — der julianische Kalender — genannt wird. Wie die Perser, nahm auch er die Länge des tropischen Jahres zu $365^1/_4$ Tagen an, das bürgerliche zu 365 Tagen, die auf dieselbe Weise, wie noch jetzt bei uns, in 12 Monaten vertheilt wurden. Um aber das bürgerliche Jahr mit dem tropischen auszugleichen, bestimmte er, daß nach je vier Jahren ein Tag eingeschaltet werden sollte, so daß jedes vierte Jahr 366 Tage enthielt, und zwar wurden dann im Februar 29 Tage statt der gewöhnlichen 28 gezählt.* Hierdurch vermied er die zwei Mängel der persischen Einschaltung, die ich vorher erwähnt habe. Nach seinem bald darauf erfolgten Tode riß zwar auf kurze Zeit eine neue Verwirrung ein, indem die unwissenden Priester, welche die Einschaltung besorgen sollten, aus Mißverständniß nach jedem dritten statt nach jedem vierten Jahre einen Tag einschalteten. Indessen wurde dieß bald bemerkt und seit dem vierten Jahre unserer Zeitrechnung ist der julianische Kalender ohne fernere Störung angewandt worden.

Mit dem Christenthum verbreitete sich dieser Kalender, nach welchem die auf bestimmte Tage fallenden Feste gefeiert wurden (wie z. B. Weihnachten den 25 Dezember) über einen

---

* Im älteren römischen Kalender wurde von Zeit zu Zeit hinter dem 23 Februar ein Monat eingeschaltet. Da durch Cäsar's Einrichtung dieser Schaltmonat verdrängt und statt dessen ein Schalttag eingeführt wurde, so ließ Cäsar, um sich der vorhandenen Einrichtung möglichst anzuschließen, auch den Schalttag auf den 23 Februar folgen, so daß eigentlich der 24 Februar und nicht der 29te der wahre Schalttag ist.

großen Theil der Erde und gelangte namentlich im christlichen Europa zur ausschließlichen Geltung. Wäre die Voraussetzung, daß das tropische Jahr $365^1/_4$ Tage enthält, genau richtig, so ließe die julianische Einrichtung Nichts zu wünschen übrig. Allein nach unseren früheren Bestimmungen ist es in Wahrheit ungefähr 11 Minuten 12 Sekunden kleiner (§. 32). Alle Jahreszeiten, die Frühlingsnachtgleiche, der längste Tag u. s. w. treffen also jedes Jahr um eben so viel früher ein, als sie es nach Julius Cäsar's Annahme thun sollten. Im Anfange war dieser Unterschied freilich klein und daher unbemerkt geblieben. Da er sich aber von Jahr zu Jahr anhäufte und zwar in 129 Jahren schon über einen Tag brachte*, so konnte er um so weniger unbemerkt bleiben, da sich in den ersten Jahrhunderten des Christenthums eine Regel über die Feier des Osterfestes ausgebildet hatte, welche dieses Fest an den Anfang des Frühlings knüpfte. Diese Regel heißt: Das Osterfest wird immer an einem Sonntage gefeiert und zwar an dem, welcher zunächst auf den Frühlingsvollmond folgt, oder, wenn der Vollmond selbst auf einen Sonntag fällt, am nächsten Sonntage. Unter Frühlingsvollmond versteht man hierbei den Vollmond, welcher auf den 21 März oder zunächst nach diesem Tage eintrifft, indem man glaubte, daß der Anfang des Frühlings unabänderlich auf den 21 März träfe, auf welchen Tag er im dritten Jahrhundert n. Chr. wirklich traf. Erst im 14ten Jahrhundert scheint man ernstlich darauf aufmerksam geworden zu seyn, daß der Anfang des Frühlings viel früher eintraf. Im 15ten wurden nun mehre Stimmen laut, welche eine Verbesserung der Zeitrechnung für nothwendig erklärten. Der Pabst Sixtus IV hatte die ernstliche Absicht, den Kalender zu verbessern, und ließ zu diesem Zwecke den berühmten deutschen Astronomen Johannes Regiomontanus (von welchem ich später noch mehr sagen werde) im Jahre 1475 von Nürnberg nach Rom kommen, der aber schon im folgenden Jahre starb, wodurch das Unternehmen in's Stocken gerieth. Nachdem diese Angelegenheit noch mehrmals besprochen worden war, ohne jedoch zu einem bestimmten Resultate zu führen, brachte zuletzt der Pabst Gregor XIII die

---

* Denn 129 Mal 11 Minuten 12 Sekunden beträgt 1 Tag 4 Minuten 48 Sekunden.

Kalenderverbesserung im Jahre 1582 zu Stande. Seit der Mitte des dritten Jahrhunderts bis zu diesem Jahre, also in ungefähr 1300 Jahren, war der Frühlingsanfang im julianischen Kalender um zehn Tage zurückgegangen, so daß er, statt auf den 21 März zu fallen, vielmehr auf den 11ten traf. Daher befahl Pabst Gregor durch eine vom 24 Februar 1582 datirte Bulle, daß man im Oktober des Jahres 1582 zehn Tage aus dem Kalender weglassen solle, so daß nach dem 4ten sogleich der 15te gezählt wurde. Hierdurch waren also die zehn verlorenen Tage wieder eingeholt und im folgenden Jahre traf der Anfang des Frühlings wieder auf den 21 März. Damit nun aber in der folgenden Zeit der Frühlingsanfang sich nicht wieder verschöbe, sondern immer auf den 21 März träfe, machte Pabst Gregor* folgende sehr scharfsinnige Einrichtung: Im julianischen, auf die christliche Zeitrechnung angewandten Kalender sind immer diejenigen Jahre, in welchen die Zahl 4 ohne Rest aufgeht, also das 4te, 8te, 12te u. s. w. n. Chr., Schaltjahre, also auch alle Säcularjahre, d. h. jedes letzte Jahr des Jahrhunderts, wie das 100te, 200te u. s. w. Nach unserer früheren Berechnung rückt der Anfang des Frühlings in 129 Tagen um einen Tag, also in 387 Jahren um 3 Tage zurück. Statt dessen setzte Pabst Gregor eine Verrückung von 3 Tagen in 400 Jahren voraus und befahl nun, daß alle 400 Jahre 3 Schalttage weggelassen werden sollten, und zwar aus den Säcularjahren, so daß das Jahr 1600, als nächstes nach Einführung der Kalenderreform, ein Schaltjahr bleiben, dagegen die Jahre 1700, 1800, 1900 nicht, wie im julianischen Kalender, Schaltjahre seyn sollten, sondern in ihnen vielmehr vom 28 Februar sogleich zum 1 März übergegangen werden sollte, das Jahr 2000 dagegen wieder ein Schaltjahr, und nach diesem Gesetze in Zukunft fort. Unter der Voraussetzung, daß der Unterschied zwischen dem tropischen Jahre und dem julianischen wirklich in 400 Jahren 3 Tage beträgt, würde hierdurch auf ewige Zeiten der Kalender in Ordnung gebracht seyn. Diese Voraussetzung weicht aber so wenig von der

---

* Eigentlich that er dieß nicht selbst, sondern der Verein von Gelehrten, welchen er zum Behuf der Kalenderverbesserung in Rom versammelt hatte.

Wahrheit ab, daß sie erst in 3600 Jahren um einen Tag falsch ist*, also noch lange in keiner bürgerlichen Beziehung beachtet zu werden braucht.

Dieser neue Kalender heißt nach seinem Urheber der gregorianische. In dem größten Theile Italiens, in Spanien und Portugal wurde er sogleich an dem von dem Pabste festgesetzten Tage eingeführt, in Frankreich zwei Monate später, indem man vom 9 Dezember zum 20ten überging. Die katholischen Theile der Schweiz und die katholischen Niederlande traten der Verbesserung im Jahre 1583, Polen 1586 und Ungarn 1587 bei. In Deutschland dagegen gab es Streit zwischen den katholischen und protestantischen Fürsten; die Sache kam 1582 auf dem Reichstag zu Augsburg zur Sprache. Der Churfürst August von Sachsen erklärte sich dagegen, nachdem er den als Astronomen berühmten Landgrafen Wilhelm von Hessen zu Rathe gezogen hatte, und dasselbe thaten die übrigen protestantischen Stände in und außerhalb Deutschlands. Der Kaiser und die katholischen Stände nahmen jedoch die Kalenderverbesserung im Jahre 1583 an, während die Protestanten sich fortwährend widersetzten. Der Hauptgrund ihres Widerstrebens lag in dem Umstande, daß der Pabst nur die katholischen und nicht die protestantischen Fürsten befragt hatte, und daher diese, kaum von der päbstlichen Oberherrschaft befreit, durch die Annahme einer päbstlichen Verordnung den Schein einer Abhängigkeit vom römischen Stuhle auf sich zu laden fürchteten. Doch suchte man diese Weigerung auch durch astronomische Gründe zu unterstützen; namentlich hob man den Umstand hervor, daß der Anfang des Frühlings, von welchem doch die Feier des Osterfestes abhängig gemacht war, auch im gregorianischen Kalender nicht immer auf den 21 März trifft, sondern innerhalb vier Jahrhunderte sich um 3 Tage verschiebt.

In diesem Sinne schrieb ein berühmter Astronom Mästlin, der Professor in Tübingen war, auf Befehl des dortigen streng

---

* Nimmt man nämlich an, daß 400 tropische Jahre 3 Tage weniger betragen, als 400 julianische Jahre zu $365\frac{1}{4}$ Tagen, d. h. also, daß 400 tropische Jahre 146097 Tage enthalten, so ergibt sich daraus die Länge des tropischen Jahres zu 365 Tagen 5 Stunden 49 Minuten 12 Sekunden, also nur um 24 Sekunden größer als 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 48 Sekunden, was wir als die ungefähre richtige Größe angenommen haben.

protestantischen akademischen Senats eine leidenschaftliche Kritik des gregorianischen Kalenders. Sein heller denkender Schüler, der ausgezeichnete Keppler, über den ich noch viel zu sagen haben werde, bemerkte ihm jedoch in Beziehung auf diese Schrift: „Was treibt das halbe Deutschland? Wie lange „will es noch von der anderen Hälfte des Reiches und von „dem ganzen europäischen Festlande getrennt bleiben?... Worauf „wollen wir warten? Bis etwa ein deus ex machina die evan„gelischen Magistrate erleuchtet? Es sind zwar mancherlei „Verbesserungen vorgeschlagen worden, es ist jedoch diejenige, „welche der Pabst eingeführt hat, die beste u. s. w."

In der That mußten auch zwei so verschiedene Zeitrechnungen in demselben Lande, besonders da, wo Katholiken und Protestanten unter einander gemischt lebten, zu vielen Streitigkeiten und Verirrungen Veranlassung geben. So entstanden zu Augsburg große, mehre Jahre anhaltende Unruhen, die unter dem Namen des Kalenderstreits bekannt sind. So oft indessen die Sache auf den Reichstagen zur Sprache kam, die evangelischen Stände wichen immer aus, bis nach dem ryswicker Frieden (1697) wegen der Kalenderverschiedenheit neue Unruhen in der Pfalz, in Schwaben und an andern Orten auszubrechen drohten. Nun erst zeigte man ernstlichen Willen zur Verbesserung, und die evangelischen Stände beschlossen, besonders auf Betrieb des großen Leibnitz, am 23 September 1699, mit dem nächsten Jahre einen sogenannten verbesserten Kalender einzuführen, welchem Beschlusse auch Dänemark, die vereinigten Niederlande und im Jahre 1701 auch die protestantischen Kantone der Schweiz beitraten. Man näherte sich nämlich der Zählung der Katholiken in sofern, daß man die 11 Tage auswarf, um welche das julianische Jahr von dem tropischen abwich, und zwar ging man vom 18 Februar 1700 sogleich zum ersten März über.* Dagegen sollte die Feier des Osterfestes nicht nach dem gregorianischen Kalender, sondern dadurch bestimmt werden, daß man den Anfang des Frühlings astronomisch berechnete. Die nothwendige Folge hiervon war, daß die Protestanten nicht immer das Osterfest zu gleicher Zeit mit den Katholiken feierten. So z. B. feierten es die Katho=

---

* Da dieses Jahr nämlich ein Schaltjahr war, so hätte man im Februar noch 11 Tage gehabt.

liken im Jahre 1724 am 16 April, die Protestanten am 9, und im Jahre 1744 die ersteren am 5 April, die letzten am 29 März. Es konnte nicht fehlen, daß hieraus nicht wieder neue Irrungen in öffentlichen und Privatgeschäften entstanden. Die protestantischen Stände waren daher so vernünftig im Jahre 1775, auf Antrag Friedrichs des Großen, den gregorianischen Kalender, unter dem Namen des verbesserten Reichskalenders anzunehmen. Diesem Beschlusse traten auch die evangelischen Kantone der Schweiz, Dänemark und Schweden bei.

In England wurde der alte Kalender im Jahre 1752 abgeschafft, indem man vom 2 September sogleich zum 14 überging. Schottland folgte 1753. So ist jetzt der gregorianische Kalender in dem ganzen christlichen Europa eingeführt. Nur Rußland und die übrigen Anhänger der griechischen Kirche haben bis jetzt den julianischen Kalender unverändert beibehalten. Der Unterschied zwischen den russischen Zeitangaben, die man den alten Styl nennt, und denen des übrigen Europa oder dem neuen Style, wird daher immer größer. Bis zum Jahre 1700 betrug er zehn Tage, von da an bis zum Jahre 1800 eilf Tage, seitdem beträgt er zwölf Tage, so daß man immer zwölf Tage zulegen muß, wenn man eine russische Zeitangabe in die unsrige verwandeln will, z. B. der erste Januar alten Styls heißt nach unserer Zählung der 13 Januar. Nach je vierhundert Jahren beträgt der Unterschied immer drei Tage mehr, also nach zehntausend Jahren, wenn dann der julianische Kalender noch bestehen sollte, 75 Tage, so daß dann das Osterfest der Russen mitten im Winter gefeiert würde.

37. Außer dem julianischen und gregorianischen Kalender sind jetzt in Europa nur noch zwei Kalender im Gebrauche, der türkische und der Festkalender der Juden.

Der türkische Kalender ist einerlei mit dem arabischen, welcher von Muhamed geheiligt und so zu allen Völkern übergegangen ist, die den Glauben des Islam angenommen haben. Ich habe schon früher bemerkt, daß die Araber sich nur nach dem Mondeslauf und gar nicht nach dem tropischen Jahre richten (§. 35). Die Monate werden durch unmittelbare Beobachtung des Mondes bestimmt, indem man sie anfängt, sobald die Mondessichel am Abend nach Neumond sichtbar wird. Bei bewölktem Himmel gibt man dem abgelaufenen Monate 30 Tage und fängt dann

den neuen an. Zwölf solche Monate bilden ein Jahr. Die Monate heißen nach türkischer Aussprache:

1) Muharrem
2) Safer
3) Rebiül-ewwel
4) Rebiül-achir
5) Dschemasiül-ewwel
6) Dschemasiül-achir
7) Redscheb
8) Schaban
9) Ramasan
10) Schewal
11) Silkade
12) Silhidsche.

Der Anfang des Jahres wandert natürlich durch alle Jahreszeiten, da 12 synodische Monate nur 12 mal 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten (§. 33) oder 354 Tage 8 Stunden 45 Minuten betragen. Dieser Kalender ist nun freilich sehr unbestimmt, aber dafür sehr einfach, und kann nie dauernd in Verwirrung kommen, da er sich auf unmittelbare Beobachtungen stützt.

Viel künstlicher ist der Festkalender der Juden, in welchem zugleich auf den Mondeslauf und das tropische Jahr Rücksicht genommen wird. Ursprünglich ist das jüdische Jahr, ähnlich wie das arabische, auf den Mondeslauf berechnet und das gewöhnliche regelmäßige Jahr enthält daher 354 Tage, weil, wie eben bemerkt wurde, 12 synodische Monate etwas mehr als 354 Tage betragen. Diese 354 Tage sind auf folgende Weise in 12 Monate vertheilt:

1)	Thischri	30 Tage
2)	Marcheschvan	29 "
3)	Kislev	30 "
4)	Tebeth	29 "
5)	Schebat	30 "
6)	Adar	29 "
7)	Nisan	30 "
8)	Jjar	29 "
9)	Sivan	30 "
10)	Thammus	29 "
11)	Ab	30 "
12)	Elul	29 "
		354 Tage.

Daneben aber kommen überzählige Jahre zu 355 Tagen und mangelhafte Jahre zu 353 Tagen vor und jede dieser

drei Gattungen von Jahren kann wieder ein Schaltjahr seyn, in welchem nämlich hinter dem Monat Adar noch ein Monat Veadar oder Adar Scheni eingeschaltet wird, dieser Monat hat immer 29 Tage, der Monat Adar hat aber im Schaltjahre 30 Tage. Im regelmäßigen Jahre hat Marcheschwan 29 und Kislev 30 Tage, im überzähligen haben beide 30 Tage, im mangelhaften beide 29 Tage. Hiernach gibt es sechserlei Jahre:

1) das gewöhnliche regelmäßige Jahr hat 12 Monate u. 354 Tage.
2) " " überzählige " " " " " 355 "
3) " " mangelhafte " " " " " 353 "
4) " regelmäßige Schaltjahr " " 13 " " 384 "
5) " überzählige " " " " " 385 "
6) " mangelhafte " " " " " 383 "

Um den Grund der Verschiedenheit dieser Jahre erläutern zu können, muß ich zunächst Folgendes bemerken: der Tag wird in 24 Stunden getheilt, die Stunde in 1080 Chelakim*, ein Chelak in 76 Regaim; ein Chelak ist mithin der 18te Theil einer Minute. Die Länge des synodischen Monats ist zu 29 Tagen 12 Stunden 793 Chelakim (d. h. 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten $3\frac{1}{3}$ Sekunden) festgesetzt, wie sie Hipparch bestimmt hat. Das tropische Jahr ist zu 365 Tagen 5 Stunden 997 Chelakim 48 Regaim (d. h. fast 365 Tage 5 Stunden 55 Minuten $25\frac{1}{2}$ Sekunden) bestimmt. Hieraus findet man nun, daß 235 synodische Monate gerade so lang sind als 19 tropische Jahre. Um daher das jüdische Mondjahr mit dem Sonnenjahre auszugleichen, hat man 235 synodische Monate auf 19 jüdische Jahre vertheilt, indem nämlich 12 Jahre einfache Jahre von 12 Monaten, und 7 Jahre Schaltjahre von 13 Monaten sind. Die Schaltjahre sind wegen der Ordnung der Feste so vertheilt, daß immer das 3te, 6te, 8te, 11te, 14te, 17te und 19te Jahr ein Schaltjahr ist. Durch diese Vertheilung ist dafür gesorgt, daß keines der Feste, die alle auf bestimmte Tage des Jahres treffen, um mehr als 21 Tage 18 Stunden 243 Chelakim zurücktreten kann. Denn da das Mondjahr 354 Tage 8 Stunden 876 Chelakim enthält, also um 10 Tage 21 Stunden 121 Chelakim

---

* Das Wort Chelakim ist die Mehrzahl von Chelak, ebenso Regaim die Mehrzahl von Rega.

48 Regaim kleiner ist als das Sonnenjahr, und ein Schaltjahr vom anderen nur höchstens zwei Jahre absteht, so kann ein bestimmter Tag im Mondjahre nur um zweimal so viel, also um höchstens 22 Tage früher fallen.

Aus gewissen religiösen Gründen, deren Auseinandersetzung hier zu weit führen würde, muß der Anfang des Jahres bald um einen Tag vorwärts, bald um eben so viel rückwärts geschoben werden, daher muß man bald einen Tag mehr, bald einen weniger im Jahre zählen; hieraus entstehen die drei Arten von regelmäßigen, überzähligen und mangelhaften Jahren.

Man sieht hieraus, daß die jüdische Jahresrechnung nichts weniger als einfach ist. In Beziehung auf den Mondeslauf ist sie wegen der scharfen Bestimmung des synodischen Monats sehr genau. In Beziehung auf den Sonnenlauf dagegen ist der gregorianische Kalender viel genauer. Denn der Unterschied zwischen dem tropischen Jahre nach unserer früheren Bestimmung und dem jüdischen Sonnenjahre beträgt 6 Minuten 38 Sekunden, also in tausend Jahren schon mehr als vier Tage, während der gregorianische Kalender in 3600 Jahren erst um einen Tag abweicht. Das jüdische Osterfest, welches eigentlich im Frühling gefeiert werden soll, rückt daher immer tiefer in den Sommer hinein.

Vielleicht interessirt es manchen Leser, auch noch etwas über den Kalender zu erfahren, dessen sich die Franzosen zur Zeit der Republik bedienten. Er bestand nur 13 Jahre, indem er durch einen Beschluß des Konvents am 22 September 1792 eingeführt und durch ein Dekret Napoleons mit dem Anfange des Jahres 1806 wieder aufgehoben wurde. Der Anfang des Jahres traf immer auf den mit Mitternacht beginnenden Tag, an welchem, nach astronomischer Berechnung, unter der geographischen Breite der pariser Sternwarte (§. 25) die Nachtgleiche des Herbstes (§. 32) eintraf, also auf den 22 oder 23 September. Das gewöhnliche bürgerliche Jahr enthielt 365 Tage, und zwar wurden diese, wie bei den Persern (§. 36), so unter zwölf Monate vertheilt, daß jeder Monat 30 Tage enthielt, am Ende des Jahres aber noch fünf Ergänzungstage (jours complémentaires) gezählt wurden. In jedem vierten Jahre wurde, wie im julianischen Kalender, noch ein Tag mehr, und zwar sechs Ergänzungstage, gezählt. Jeder Monat wurde in drei gleiche Theile, Dekaden getheilt

so daß jede Dekade zehn Tage enthielt. Die Monate erhielten besondere Namen. Sie hießen:

1) Vendémiaire
2) Brumaire
3) Frimaire
4) Nivôse
5) Pluviôse
6) Ventôse
7) Germinal
8) Floréal
9) Prairial
10) Messidor
11) Thermidor
12) Fructidor.

Auch die einzelnen Tage jeder Dekade hatten besondere Namen, sie hießen: Primidi, Duodi, Tridi, Quartidi, Quintidi, Sextidi, Septidi, Octidi, Nonidi, Decadi.

Siebentes Hauptstück.

38. Ich habe früher (§. 14) eine besondere Klasse von Sternen erwähnt, die man Planeten nennt. Betrachten wir jetzt die Bewegung derselben genauer. Nur fünf sind ohne Hülfe des Fernrohrs sichtbar und daher waren auch nur diese vor Erfindung desselben bekannt. Sie werden noch jetzt mit den Götternamen genannt, die sie bei den Griechen erhalten haben, und heißen: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn. Der Merkur ist aus später zu erläuternden Gründen selten sichtbar, die vier anderen dagegen zeigen sich als kleine, helle Scheiben, wiewohl nicht immer in gleich starkem Glanze. Man kann diese fünf Planeten bei einiger Aufmerksamkeit schon durch ihr äußeres Ansehen leicht von Fixsternen unterscheiden. An den letzteren bemerkt man beständig eine blitzende zitternde Bewegung des Lichtes, das sogenannte Funkeln, während die Planeten in der Regel in ganz ruhigem Lichte leuchten; nur höchst selten und bei ganz besonderer Beschaffenheit der Luft bemerkt man auch an ihnen ein solches Funkeln. Auch ist ihre Entfernung von uns viel kleiner als die der Fix-

sterne und kann nach dem in §. 12 angegebenen Verfahren bestimmt werden.

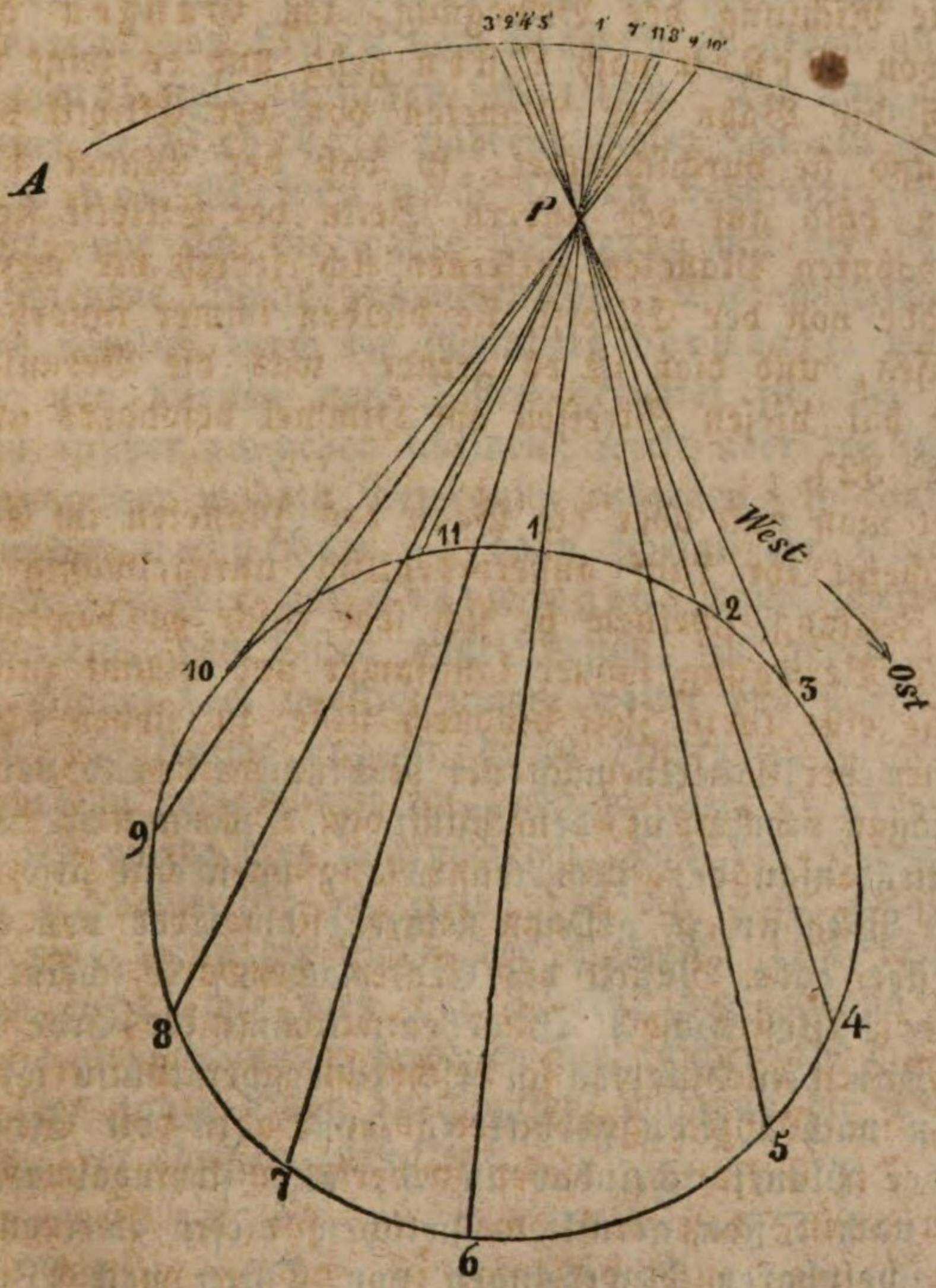
Es versteht sich von selbst, daß auch die Planeten, wegen der täglichen Bewegung der Erde, eine scheinbare tägliche Bewegung zeigen müssen. Die Beobachtungen ergeben aber zugleich, daß sie daneben noch eine eigenthümliche Bewegung haben, die nicht von der Achsendrehung der Erde abhängt, indem sie ihre Lage unter den Fixsternen fortwährend ändern. Verfolgt man den Weg, welchen ein Planet an der Himmelskugel zu beschreiben scheint, indem man sich jene Sterne merkt, zu welchen er allmälig fortrückt, so tritt es unverkennbar hervor, daß die Richtung der Bewegung, im Ganzen genommen, von Westen nach Osten geht, und es zeigt sich zugleich, daß die Bahn der Planeten von der Ekliptik verschieden ist und sie durchschneidet, so daß der Planet bald auf der einen bald auf der andern Seite der Ekliptik steht. Alle fünf erwähnten Planeten entfernen sich jedoch nie weiter als zehn Grade von der Ekliptik, sie bleiben immer innerhalb des Thierkreises, und dieß ist es gerade, was die Veranlassung gegeben hat, diesen Streifen am Himmel besonders auszuzeichnen (§. 32).

Betrachtet man nun aber die Bahn des Planeten im Einzelnen, so scheint ihr Lauf außerordentlich unregelmäßig zu seyn. Eine Zeitlang scheinen sie sich sehr rasch zu bewegen, dann wird die Bewegung immer langsamer und nimmt zuletzt so ab, daß sie eine kurze Zeit hindurch stille zu stehen scheinen und immer bei demselben Sterne gesehen werden. Hierauf scheinen sie sogar rückwärts, nämlich von Osten nach Westen zu gehen, anfangs rascher, dann langsamer, bis sie zum zweiten Male stille stehen. Dann kehren sie wieder um und gehen wie früher von Westen nach Osten vorwärts. Da sie aber mehr von Westen nach Osten vorwärts rücken, als von Osten nach Westen rückwärts, so beschreibt jeder Planet, wie schon gesagt, im Ganzen genommen eine Bahn von Westen nach Osten. Die Erklärung dieser sonderbaren Unregelmäßigkeit liegt nun darin, daß das, was wir für die Bewegung des Planeten halten, nicht diejenige ist, die er wirklich hat, sondern eine Mischung aus seiner wahren Bewegung und unserer eigenen Bewegung um die Sonne.

Die Planeten bewegen sich nämlich ebenfalls in

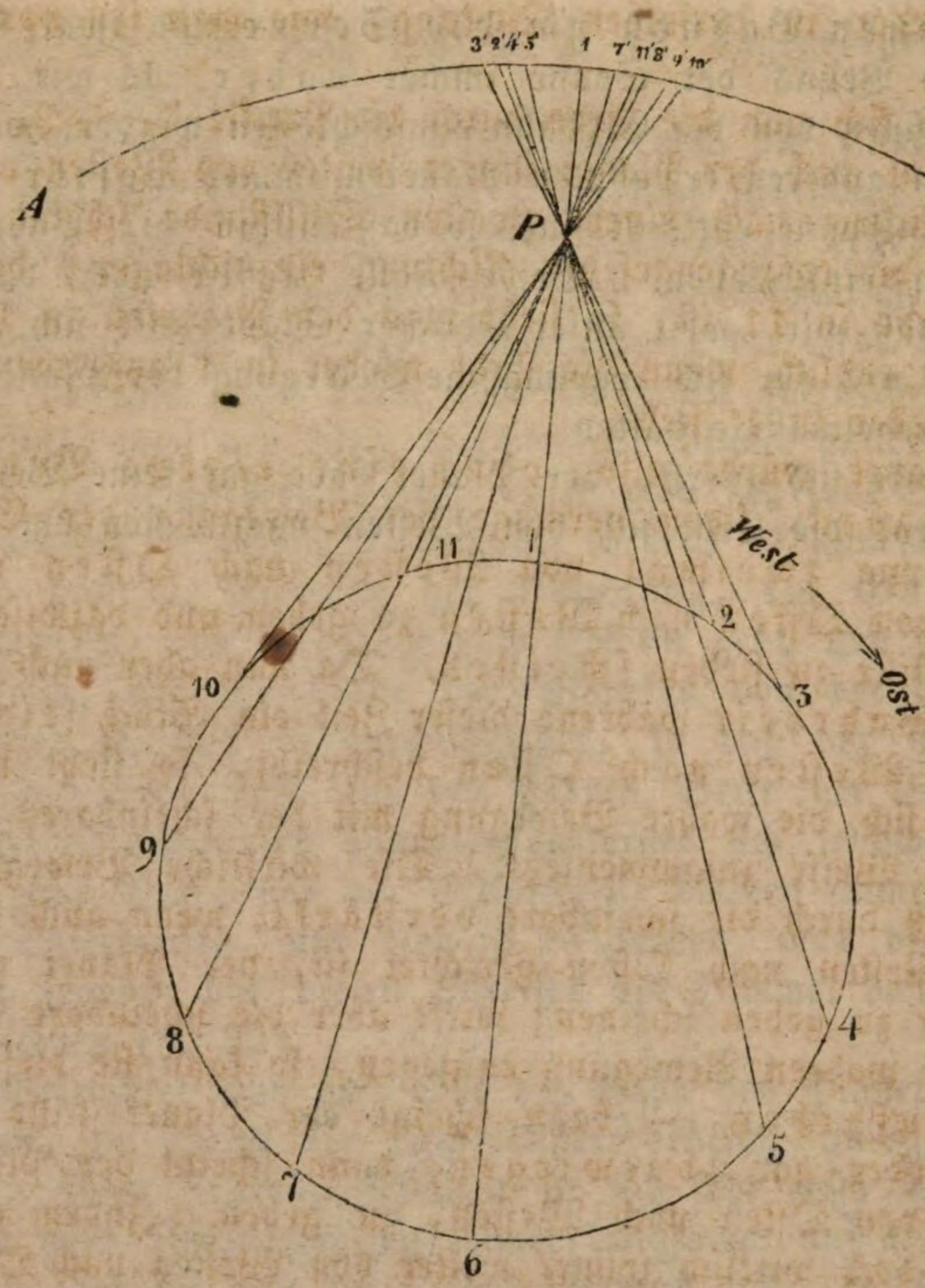
geschlossenen Bahnen um die Sonne und zwar sind Merkur und Venus der Sonne immer näher als wir, so daß ihre Bahnen von der Erdbahn eingeschlossen werden, während die drei anderen erwähnten Planeten immer weiter als wir von der Sonne entfernt sind, so daß mithin ihre Bahnen die Erdbahn einschließen. Beide Fälle treffen aber darin zusammen, daß wir, weil unser irdischer Standpunkt sich ändert, die an und für sich regelmäßige Bewegung der Planeten für eine unregelmäßige halten.

Man denke sich zuerst, der Planet habe gar keine Bewegung, während die Erde sich von Westen nach Osten um die



Sonne bewegt. Der Bogen A B versinnliche einen Theil der Himmelskugel, der Planet stehe in P und die Erde bewege sich in der Bahn 1, 2, 3, 4, ... Steht die Erde zuerst in 1,

Bayerische Staatsbibliothek München



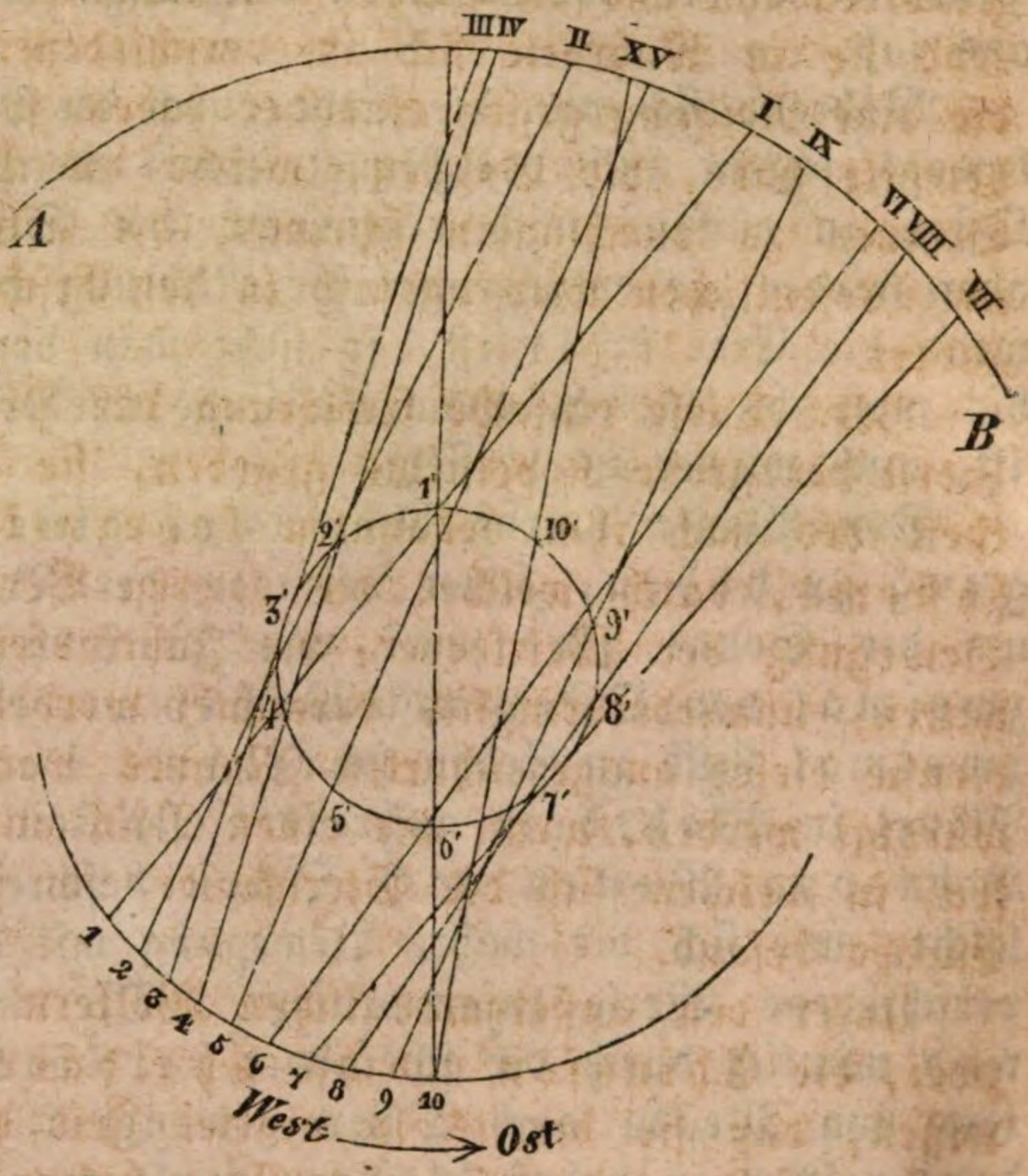
so sieht man den Planeten nach der Richtung 1 P und versetzt ihn daher am Himmel an den Punkt 1'. Kommt die Erde nach 2, so sieht man den Planeten in 2', er scheint also von Osten nach Westen zu gehen, während die Erde von Westen nach Osten geht. Rückt die Erde nach 3, so scheint der Planet weiter östlich nach 3' zu gehen; kommt die Erde nach 4, so sieht man den Planeten in 4', er erscheint also wieder von Westen nach Osten gerückt zu seyn. Ist die Erde in 5, so ist der Planet scheinbar in 5', also scheinbar weiter von Westen nach Osten gerückt. Zwischen diesen zwei entgegengesetzten scheinbaren Bewegungen von Osten nach Westen und von Westen nach Osten muß begreiflich ein Punkt liegen, wo der Planet weder vorwärts noch rückwärts geht, sondern still zu stehen scheint. Ist die Erde in 6, so sieht man den

Planeten wieder in derselben Richtung, wie man ihn von 1 aus sah.

Während sich nun die Erde durch die Punkte 7, 8, 9, 10 bewegt, scheint auch der Planet immer weiter von Westen nach Osten zu rücken; nach einem zweiten Stillstande scheint er aber wieder die entgegengesetzte Richtung einzuschlagen; denn wenn die Erde in 11 ist, so sieht man den Planeten in 11', bis man ihn endlich, wenn die Erde wieder in 1 angekommen ist, auch wieder in 1' sieht.

Der Planet würde also, ohne eine eigene Bewegung zu haben, schon vermöge der Bewegung der Erde um die Sonne zweimal von Westen nach Osten und zweimal von Osten nach Westen zu gehen und dazwischen zweimal stille zu stehen scheinen. Da nun aber auch der Planet in Wahrheit während dieser Zeit ein Stück seiner Bahn von Westen nach Osten beschreibt, so sieht man leicht, wie sich die wahre Bewegung mit der scheinbaren auf verschiedene Weise zusammensetzt. Die wirkliche Bewegung wird nämlich durch die scheinbare verstärkt, wenn auch letztere von Westen nach Osten gerichtet ist, der Planet muß dann rascher zu gehen scheinen; wirkt aber die scheinbare Bewegung der wahren Bewegung entgegen, so kann sie dieselbe entweder aufheben — dann scheint der Planet stille zu stehen — oder gar überwiegen, dann scheint der Planet rückwärts, von Osten nach Westen, zu gehen. Indem aber der Planet doch wirklich immer weiter von Westen nach Osten rückt, so kommt er, in dieser Richtung fortgehend, zuletzt wieder in dem Punkte an, von welchem er ausgegangen ist.

Es wurde hier angenommen, daß der Planet außerhalb der Erdbahn ist; es tritt aber ein ganz gleiches Verhältniß ein, wenn die Bahn des Planeten innerhalb der Erdbahn liegt, wie dieß bei Merkur und Venus der Fall ist. Diese zwei Planeten bewegen sich rascher als die Erde, so daß sie ihre ganze Bahn durchlaufen, während die Erde nur einen Theil der ihrigen zurücklegt.



Es sey wieder AB ein Theil der Himmelskugel, der Planet durchlaufe seine ganze Bahn 1' 2'..., während die Erde das Stück 1...10 ihrer Bahn zurücklegt. Ist die Erde in 1, während der Planet in 1' ist, so sieht man ihn an der Himmelskugel im Punkte I. Rückt der Planet nach 2' und 3', während die Erde zu gleicher Zeit nach 2 und 3 fortgeht, so sieht man ihn in II und III, er ist also von Westen nach Osten gerückt. Ist die Erde in 4, der Planet in 4', so sieht man ihn in IV, er ist also wieder von Osten nach Westen zurückgegangen; dazwischen muß er stille gestanden haben.

Während nun die Erde nach 5, 6, 7 und zugleich der Planet nach 5', 6', 7' fortrückt, sieht man ihn in den Punkten V, VI, VII, er scheint also immer nach Osten zu rücken; nun kehrt er aber um, nachdem er noch einmal stille gestanden hat; ist die Erde in 8, der Planet in 8', so sieht man ihn in VIII, er hat also wieder ein Stück von Westen nach Osten durchlaufen und wird immer weiter nach Osten am Himmel gesehen, in den Punkten IX und X nämlich, während er nach den Punkten 9' und 10', die Erde nach den Punkten 9 und 10 fortrückt.

Es kam hier zunächst nur darauf an, die Bewegung der Planeten im Allgemeinen zu erklären. Um die Bahn jedes Planeten im Einzelnen kennen zu lernen, müssen wir erst noch die Beschaffenheit dieser Bahnen genauer kennen lernen. Auch wurde der Einfachheit wegen vorausgesetzt, daß die

Planetenbahn und die Erdbahn in derselben Ebene liegen, während sie in Wahrheit sich in verschiedenen Ebenen bewegen, die eine Neigung gegen einander haben, so daß, wie ich schon bemerkt habe, die Bahnen, welche die Planeten unter den Sternen zu durchlaufen scheinen, die Ekliptik durchschneiden; im Wesentlichen wird dadurch in den Erscheinungen nichts geändert.

39. Diese einfache Erklärung der Planetenbewegung hat zuerst der große Kopernikus gegeben, sie bildet einen Haupttheil des nach ihm benannten kopernikanischen Weltsystems, durch welches die älteren Vorstellungen über die Bewegung der Weltkörper, die Jahrtausende lang geherrscht hatten, unwiederbringlich vernichtet worden sind. Die Verdienste dieses ausgezeichneten Mannes werden am besten gewürdigt werden, wenn wir einen Blick auf den Zustand werfen, in welchem sich die Sternkunde, vor seinem Auftreten, in Europa befand.

Unter den außereuropäischen Völkern sind es besonders zwei, die Chinesen und die Chaldäer, von welchen wir wissen, daß sie bereits in uralter Zeit die Sternkunde mit großem Eifer und Erfolg gepflegt haben. Die Chinesen kamen jedoch in früherer Zeit in keine Berührung mit den Europäern; erst als es den Anstrengungen der Jesuiten gelang, dort Missionen zu stiften, als einige ausgezeichnete Köpfe unter den Mitgliedern dieser Missionen es sich zur Aufgabe machten, dieß wunderbare Land in allen Beziehungen zu durchforschen, haben wir, so wie über die dortigen Zustände überhaupt, auch über die chinesische Sternkunde gründlichen Aufschluß erhalten.

Von den Chaldäern dagegen haben die Griechen einige der wichtigsten Grundlagen der Sternkunde, wie den Begriff des Pols (§. 16) und den Gebrauch des Gnomons (§. 21), gelernt, und sind selbst wieder die Lehrer des übrigen Europa geworden.

Durch die Sternkunde der Griechen ziehen sich zwei Grundgedanken, welche ihr ein ganz bestimmtes Gepräge aufgedrückt haben. Erstens sah man es als ausgemacht an, daß sich alle Himmelskörper um die Erde bewegen und zweitens hielt man es für eben so ausgemacht, daß diese Bewegungen nur in Kreisen geschehen könnten und vollkommen gleichförmig seyn

müßten, so daß in gleich großen Zeiten auch gleich große Bogen durchlaufen würden. Die Kreisbewegung, lehrte die griechische Naturphilosophie, ist die einfachste, die Natur muß sich aber der einfachsten Mittel zur Erreichung ihrer Zwecke bedienen, daher müssen auch die Himmelskörper sich in Kreisen bewegen. Eine Veränderlichkeit in der Bewegung, lehrte man ferner, würde eine Unordnung seyn, die in der Natur nicht vorkommen kann. Schon ein anständiger Mensch, sagte man, geht immer in gleichmäßigem Schritte, nur besondere zufällige Umstände können ihn bewegen, mitunter zu laufen oder sehr langsam zu gehen. Bei den ewigen, über menschliche Schwächen und Zufälle erhabenen Himmelskörpern kann um so weniger eine solche Unregelmäßigkeit vorkommen, sie müssen sich nothwendig immer gleichförmig bewegen.

Die scheinbare tägliche Bewegung der Fixsterne (§. 15) sah man daher als eine wirkliche an; man dachte sich sämmtliche Fixsterne an einer Kugel befestigt, die sich um die in ihrem Mittelpunkte befindliche Erde täglich einmal von Osten nach Westen gleichförmig herumdreht. Hier war die kreisförmige und gleichförmige Bewegung außer Zweifel. Die sieben Körper, Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, nannte man die sieben Planeten, d. h. Wandelsterne, weil man bemerkte, daß sie unter den Fixsternen immer andere Lagen einnehmen und gleichsam herum wandeln. Da man nur einen Theil ihrer Bewegung — nämlich ihre scheinbare tägliche Bewegung — daraus erklären konnte, daß auch sie sich in derselben Kugel, wie die Fixsterne herumdrehen, jedoch nicht bezweifelte, daß ihre Bewegung ebenfalls vollkommen gleichförmig und in Kreisen statt habe, so kam man auf den Gedanken, diese Körper bewegten sich daneben noch in anderen Kugeln, so daß — und hierin lag ein wenigstens theilweise wahrer Gedanke — ihre Bewegung, wie sie uns erscheint, aus verschiedenen gleichförmigen Kreisbewegungen zusammengesetzt sei. Der Leser erinnert sich, daß auch wir die Bewegung der Planeten und des Mondes und die scheinbare Bewegung der Sonne als das Ergebniß aus mehren, theils wahren theils scheinbaren Bewegungen erklärt haben. So nahm der Philosoph Aristoteles 55 Kugeln an, um mit ihrer Hülfe die sämmtlichen Bewegungen zu erklären. So lange die Beobachtungskunst noch im Rohen war, mochte

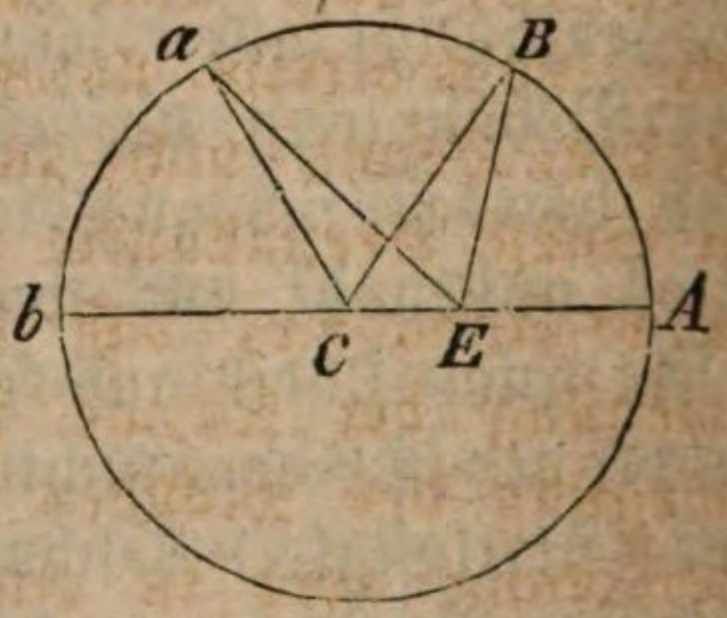
man auf solche Weise sich nothdürftig von der Bewegung der Himmelskörper Rechenschaft geben. Als die Sternkunde jedoch sich inniger mit der Mathematik verband, als man nicht bloß genauere Meßwerkzeuge anwandte, sondern auch die Beobachtungen zu schärferen Berechnungen anzuwenden lernte, da konnte es sich nicht fehlen, daß sich die Unzulänglichkeit dieser früheren Ansichten zeigte.

Die griechische Sternkunde erreichte ihre höchste Blüte, als Ptolemäus Philadelphus, König von Aegypten, das berühmte Museum in seiner Hauptstadt Alexandria gründete (300 v. Chr.). Hier wurde ein großer Bücherschatz angelegt, die kostbarsten Meßwerkzeuge angeschafft und die berühmtesten Gelehrten mit der größten Freigebigkeit unterstützt. Aristillus und Timocharis eröffnen die Reihe der großen Astronomen, die hier lebten und wirkten.

Sie waren die ersten, welche die Lage der einzelnen Fixsterne mit Genauigkeit zu bestimmen suchten. Ihnen folgte Aristarch, der besonders dadurch merkwürdig ist, daß er, im Gegensatz zu allen seinen Vorgängern unter den Astronomen, die Behauptung aufstellte, die Erde drehe sich um ihre Achse und bewege sich zugleich um die Sonne. Aber dieser Gedanke blieb unbenutzt und wurde daher bald wieder vergessen, vielleicht zum Theil aus Furcht vor den Ketzerrichtern, die auch unter den Heiden nicht gefehlt haben. Aristarch wurde nämlich der Gottlosigkeit beschuldigt, weil er die Ruhe der Erde (als Göttin Vesta gedacht) gestört habe; es ist ein alter Kniff der Unvernunft, die Maske des Glaubenseifers vorzubinden, wenn sie die Vernunft bekämpfen will, und dasselbe Schauspiel sollte sich siebzehn Jahrhunderte später noch einmal wiederholen. Auch in der philosophischen Schule des Pythagoras hatte man schon ähnliche Gedanken über die Bewegung der Erde gehabt.

Unstreitig der größte unter den alexandrinischen Astronomen ist Hipparch, den ich schon früher als den Entdecker des Vorrückens der Nachtgleichen erwähnt habe (§. 32). Von seinem Lebenslaufe wissen wir nicht viel mehr, als daß er zwischen 160 und 125 v. Chr. blühte. Desto mehr wissen wir von seinen Leistungen. Er unternahm es, alle Grundlagen der Sternkunde durch eigene Beobachtungen von Neuem fest zu stellen. Die Länge des tropischen Jahres, die man bis

dahin zu 365 Tagen 6 Stunden angenommen hatte, bestimmte er zu 365 Tagen 5 Stunden 55 Minuten 12 Sekunden, also der Wahrheit schon viel näher. Schon vor ihm hatte man bemerkt, daß die Sonne sich nicht zu allen Jahreszeiten gleich schnell bewegt, was der Voraussetzung, daß die Bewegung der Sonne eine gleichförmige sei, zu widersprechen schien. Hipparch untersuchte auch diesen Punkt genauer und erklärte den Widerspruch durch eine Annahme, in der ein großer Fortschritt der Sternkunde lag. Die älteren Astronomen hatten angenommen, die Erde befände sich im Mittelpunkte des Kreises, den die Sonne um sie beschreibt; diese Ansicht gab Hipparch auf. Er sagte: die Bewegung der Sonne ist allerdings eine gleichförmige, aber sie erscheint uns ungleichförmig, weil sie eine exzentrische ist, d. h. weil die Erde sich außerhalb des Mittelpunktes der Bewegung befindet. Die Sonne ist also nicht immer gleich weit von der Erde entfernt, sondern bald näher bald ferner. Man denke sich, die Sonne beschreibe den Kreis A B a b um die Erde und bewege sich gleichförmig in demselben, der Mittelpunkt dieses Kreises sei in C, die Erde aber in E. Die Größe des Bogens, welchen die Sonne in einer gewissen Zeit durchläuft, wird durch den Winkel bestimmt, den man aus dem Mittelpunkte C des Kreises nach den Endpunkten des Bogens ziehen kann (§. 10). Durchläuft nun die Sonne in einer gewissen Zeit den Bogen A B und in einer anderen eben so großen Zeit den eben so großen Bogen a b, so würden wir von der Erde aus, wenn sich diese im Mittelpunkte C befände, beide Bogen unter demselben Winkel sehen und daraus mit Recht schließen, daß sie gleich groß sind. Ist dagegen die Erde im Punkte E, so sieht man nothwendig den näheren Bogen A B unter einem größeren Winkel, als den eben so großen aber weiter entfernten Bogen a b; weil wir aber im Mittelpunkte der Bewegung zu seyn glauben, so schließen wir, daß der dem größeren Winkel entsprechende Bogen A B, den die Sonne in einer gewissen Zeit durchläuft, auch größer seyn müsse, als der in derselben Zeit durchlaufene Bogen a b, welcher dem kleineren Winkel entspricht. Daher glauben wir, daß



die Sonne sich ungleichförmig bewegt, während ihre Bewegung in Wahrheit eine vollkommen gleichförmige ist. Es kam nur noch darauf an, zu bestimmen, wie groß die Excentrizität, d. h. die Entfernung des Punktes E vom Mittelpunkte angenommen werden müsse, damit die Beobachtungen diesen Annahmen wirklich entsprechen. Hipparch fand, daß die Sonne den vierten Theil ihrer Bahn zwischen der Nachtgleiche des Frühlings und dem längsten Tage in $94^1/_2$ Tagen durchläuft, während sie $92^1/_2$ Tage braucht, um den folgenden vierten Theil ihrer Bahn, zwischen dem längsten Tage und der Nachtgleiche des Herbstes, zu durchlaufen. Hieraus berechnete er, daß die Exzentricität beinahe den 24ten Theil des Halbmessers der Sonnenbahn betragen müsse. Vergleicht man diese Ansicht mit unserer früheren Darstellung der Bewegung der Erde, so sieht man, daß Hipparch einen mächtigen Schritt zur Annäherung an die Wahrheit gethan hatte. Wir haben freilich gesagt, daß die Erdbahn kein Kreis, sondern eine Ellipse ist, aber auch hinzugesetzt, daß sich diese Ellipse nur wenig vom Kreise unterscheidet. Wir haben ferner bemerkt, daß die Sonne nicht in der Mitte der Ellipse, sondern in dem einen Brennpunkte steht (§. 19); diesem entspricht Hipparch's Annahme, daß die Erde sich nicht in der Mitte der Bewegung der Sonne befindet. Eben so nahm er, um die Bewegung des Mondes zu nehmen, an, daß auch dieser sich gleichförmig aber in einem exzentrischen Kreise um die Erde bewege. Hierdurch war wenigstens ein Irrthum der älteren griechischen Astronomie gestürzt, welche voraussetzte, daß sich die Erde nicht bloß im Mittelpunkte der Kreise, welche die Fixsterne täglich um sie beschreiben, sondern auch im Mittelpunkte der Bewegung aller Himmelskörper befände.

Er unternahm es zuerst, aus der Parallaxe (§. 12) die Entfernung des Mondes von der Erde zu bestimmen, und fand, daß sie zwischen 62 und $72^1/_2$ Erdhalbmessern schwankt. Ich habe früher (§. 33) bemerkt, daß diese Enfernung sich von 48960 Meilen bis zu 54640 Meilen ändert, nehmen wir nun den Halbmesser der Erde zu 860 Meilen an, so heißt dieß, daß sie, in runden Zahlen, zwischen 57 und $63^1/_2$ Erdhalbmessern beträgt, so daß Hipparch's Bestimmung ungefähr um $^1/_9$ zu groß ist.

Ein neuer Stern, der zu seiner Zeit erschien, soll ihn

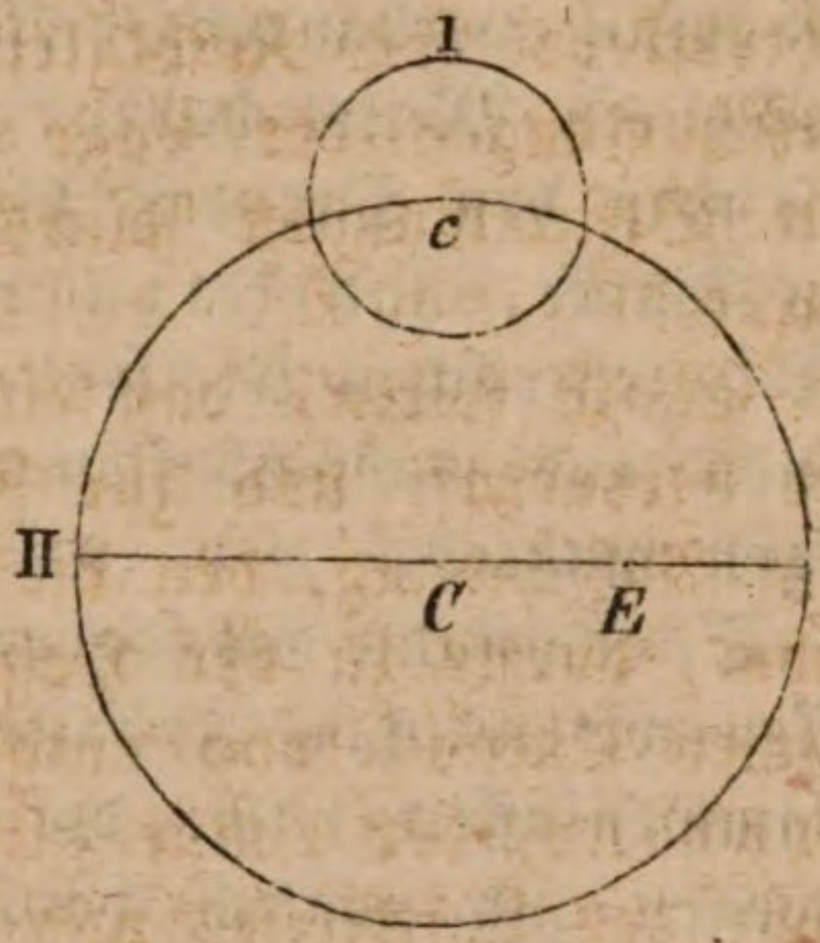
veranlaßt haben, sein berühmtes Verzeichniß der Fixsterne anzufertigen, um künftigen Astronomen ein Mittel an die Hand zu geben, mit Sicherheit zu beurtheilen, ob gewisse Sterne neu erschienen und andere verschwunden sind. Eine Frucht dieser Arbeit war die schon mehrfach erwähnte Entdeckung des Vorrückens der Nachtgleichen, indem er bemerkte, daß seine Bestimmungen der Lage der Fixsterne um zwei Grad von den Bestimmungen seines Vorgängers Timocharis verschieden waren.

Es ist selten, daß ein großer Geist nicht verwandte Geister hervorruft und zur Fortführung des Begonnenen anregt. Der Aufschwung, den die Sternkunde unter Hipparch's Händen nahm, durfte zu der Hoffnung berechtigen, daß sie nun einer raschen Entwickelung entgegen eilen würde; aber außer Posidonius, der einige glückliche Versuche zur Bestimmung der Höhe des Luftkreises und der Entfernung der Sonne und des Mondes machte, nennt die Geschichte in einem Zeitraume von fast 300 Jahren keinen Astronomen von Bedeutung. Erst mit Claudius Ptolemäus erreicht die Sternkunde eine neue Stufe der Entwickelung und für lange Zeit ihren Glanzpunkt. Wiewohl er lange für den größten Astronomen des Alterthums galt, so hat doch eine spätere ruhigere Prüfung gezeigt, daß er an Tiefsinn, an Besonnenheit und rücksichtsloser Wahrheitsliebe weiter hinter Hipparch zurücksteht. Aber er verstand es, in dem Geiste dieses Mannes weiter zu forschen und hat das Verdienst, welches ihm auf ewig eine der ersten Stellen in der Geschichte der Sternkunde sichert, daß er zuerst diese Wissenschaft in ein geordnetes System brachte. Aus diesem uns noch erhaltenen Werke, welches man gewöhnlich, mit einem aus dem Griechischen entlehnten und entstellten arabischen Namen, den Almagest nennt, haben fast 1500 Jahre lang alle Astronomen ihre Kenntnisse geschöpft, man könnte es fast die astronomische Bibel nennen, so wie man den Verfasser wirklich den göttlichen genannt hat.

Von den Lebensumständen des Ptolemäus wissen wir wenig, selbst sein Geburts- und Sterbejahr ist unbekannt; daß er zwischen den Jahren 125 und 139 n. Chr. blühte, ist jedoch sicher.

Ptolemäus entdeckte eine neue Unregelmäßigkeit in der Bewegung des Mondes, die Hipparch nicht gekannt, oder nach

seiner vorsichtigen Weise, als nicht hinreichend bestätigt, unerwähnt gelassen hatte. Die Annahme einer exzentrischen Bewegung reichte nicht aus, um sie zu erklären, daher griff Ptolemäus zu einem zweiten Mittel, wozu ebenfalls Hipparch den Grundgedanken angegeben hatte. Er nahm nämlich an, daß der Mond sich nicht unmittelbar um die Erde bewegt, sondern in einem Kreise I, dessen Mittelpunkt c sich wieder in dem Kreise II bewegt, welcher gegen die Erde in E exzentrisch ist. Dieß der Ursprung der so berühmt gewordenen Lehre von den Epicykeln, indem man einen Kreis, der sich auf einem anderen Kreise fortbewegt, einen Epicykel nennt.



Die Planetenbewegung hatte Hipparch nicht zu erklären gewagt, die gesammelten Beobachtungen schienen ihm dazu nicht ausreichend, er begnügte sich damit, die vorhandenen Beobachtungen zu ordnen und selbst mehr hinzuzufügen, als die Gesammtzahl derer betrug, die er von seinen Vorgängern erhalten hatte.

Ptolemäus, kühner als Hipparch, versuchte sich auch an der Planetenbewegung, aber sonderbarer Weise ließ er hierbei Hipparch's Beobachtungen, die er selbst als höchst schätzbare bezeichnet, ganz unbenutzt, um sich statt dessen an wenige oft sehr schlechte, mitunter sehr ungünstig gewählte Beobachtungen zu halten. Ohne in das Einzelne einzugehen, bemerke ich nur, daß es ihm gelang, durch Verbindung von Epicykeln und exzentrischen Kreisen die Bewegung der Planeten, wie er glaubte, genügend zu erklären. Dadurch bekam denn diese Bewegung ein höchst verworrenes Ansehen, aber seine blinden Nachfolger glaubten, er hätte das Geheimniß der Natur gefunden. Man erzählt, daß der königliche Beschützer der Sternkunde, Alphons X von Castilien, als man ihm die ptolemäische Lehre von der Planetenbewegung aus einander setzte, die naive Aeußerung machte: wenn ihn Gott bei der Schöpfung um Rath gefragt hätte, so würde er einen einfacheren und besseren Plan angegeben haben (1252 n. Chr.). Indessen thut

man wahrscheinlich Unrecht, wenn man glaubt, daß Ptolemäus selbst im Ernste annahm, die Planeten bewegten sich wirklich auf diese sonderbare Weise. Es kam zu seiner Zeit noch gar nicht darauf an, zu wissen, wie die Planetenbewegung in Wahrheit hervorgebracht würde, und es war zunächst nur das Bedürfniß vorhanden, diese Bewegung genau zu kennen; man mußte ein Mittel haben, welches dieselbe so genau darstellte, daß man den Ort der Planeten in zukünftigen Zeiten berechnen konnte, und dazu reichte die Lehre von den Epicykeln und exzentrischen Kreisen allerdings aus, wenn auch im Einzelnen aus mangelhaften Beobachtungen ungenaue Annahmen folgen mußten.

So entstand das sogenannte ptolemäische Weltsystem, dessen wesentlichen Inhalt ich hier nochmals in kurzen Worten zusammenfassen will: die Fixsterne und die sieben Planeten bewegen sich täglich von Osten nach Westen gleichförmig in Kreisen, in deren Mittelpunkt die Erde steht. Daneben bewegt sich noch die Sonne jährlich gleichförmig in einem Kreise um die Erde, die aber außerhalb des Mittelpunktes steht. Auch der Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn bewegen sich in immer weiteren Kreisen um die Erde, aber nicht unmittelbar, sondern in Kreisen, die sich wieder auf anderen herum bewegen.

Nach Ptolemäus hat die alexandrinische Schule keinen Astronomen von Bedeutung hervorgebracht, sie sank immer tiefer, bis sie bei der Eroberung Aegyptens durch die Araber ganz unterging (640 n. Chr.). Indessen hatten schon lange vorher die theologischen Kämpfe christlicher Schwärmer allen wissenschaftlichen Sinn erstickt.

Aber dieses merkwürdige Volk der Araber, welches zuerst in seinem rohen Glaubenseifer nur vernichten zu wollen schien, bemächtigte sich fast eben so rasch der geistigen Schätze der unterjochten Völker, wie ihrer Länder. Die wissenschaftlichen Werke der Griechen werden übersetzt, Gelehrte an die Höfe der Herrscher gezogen und mit Auszeichnung behandelt, Sternwarten errichtet und mit prächtigen Instrumenten ausgerüstet. Siebenhundert Jahre lang — etwa seit 750 nach Chr. — sind sie und die unter ihnen wohnenden Juden nun die alleinigen Träger der Wissenschaft, während im christlichen Europa der wissenschaftliche Sinn gänzlich abstirbt. Die Ausnahmen

sind selten, zu diesen gehört besonders der berühmte Gerbert, einer der gelehrtesten Männer des zehnten Jahrhunderts, welcher, von armen Aeltern in der Auvergne geboren, sich bis zum päbstlichen Stuhle aufschwang, den er als Sylvester der zweite zierte. Er hatte in Spanien bei den Arabern die Sternkunde studirt und übertraf bald seine Lehrer. Im Allgemeinen dachte man aber, wie der Kirchenvater Lactantius, der schon im vierten Jahrhundert der Meinung war „über die Gestalt des Mondes und der Sonne, über die Größe der Erde und andere Dinge der Art Untersuchungen anzustellen, sey um Nichts besser, als wenn man Betrachtungen über eine weit entfernte Stadt anstellen wollte, von der man Nichts kennt als den Namen." Man hatte andere himmlische Dinge zu untersuchen als die Bewegung der Planeten; die Rangfolge der Engel, ihre Geschäfte, welche Sprache sie sprechen, und Aehnliches waren Gegenstände ernster Untersuchungen. Nur in Spanien erhielten sich noch in der christlichen Welt, bei der unmittelbaren Nähe der Mauren, einige Spuren wissenschaftlicher Regungen.

Die Araber haben sich unschätzbare Verdienste erworben als treue Hüter der Sternkunde, aber gänzlich fehlte ihnen der selbstständige Forschergeist, der ihre Vorgänger, die Griechen und die späteren christlichen Astronomen, auszeichnet. Sie bewahrten die von den Griechen überkommenen Schätze wie gewissenhafte Verwalter, aber diese Schätze wuchsen nicht unter ihren Händen an. Was der Koran für Sitte und Recht, das blieb der Almagest des Ptolemäus für die Sternkunde, die unabänderliche Richtschnur, die man nicht zu verlassen wagte. Von Zeit zu Zeit bearbeiteten sie neue Tafeln über die Bewegung der Sonne, des Mondes und der übrigen Planeten, aber die Grundlage dieser Tafeln blieb immer die ptolemäische Lehre von den Epicykeln.

Zu den berühmtesten Tafeln dieser Art gehören die des Albatani, so genannt nach seiner Geburtsstadt Batan in Mesopotamien. Er war ein syrischer Fürst und lebte um 860 n. Chr. Neue Tafeln bearbeitete Ebn Junis um 1000 n. Chr. Auch der schon erwähnte König Alphons von Castilien ließ mit großem Kostenaufwand von einem Ausschuß arabischer und jüdischer Astronomen, an deren Spitze ein Rabbi Isaak stand, neue Planetentafeln ausarbeiten. Sie wurden im Jahre 1252

vollendet und sind unter dem Namen der alphonsinischen Tafeln bekannt.

Noch jetzt zeigt die Sternkunde in manchen Kunstausdrücken Spuren des arabischen Einflusses, so sind die Wörter Zenith (§. 25), Almanach und andere arabischen Ursprungs. Auch manche Sternnamen stammen aus dem Arabischen.

40. Erst mit dem fünfzehnten Jahrhundert erwacht die Sternkunde auch im christlichen Europa wieder und wir dürfen es mit Stolz sagen, daß die ersten Namen, die uns hier begegnen, alle von gutem deutschen Klange sind.

Johann von Gmunden, eigentlich Johann Nyder, aus Gmünd in Schwaben (nicht, wie man früher glaubte, aus Gmunden in Oberösterreich), lehrte um das Jahr 1406 die Sternkunde an der Universität zu Wien und ist Verfasser mehrer Werke über astronomische Werkzeuge und Planetentafeln, die jedoch nicht gedruckt, zum Theil auch verloren sind. Im Jahre 1435 schenkte er der Fakultät der Künste seine Bücher und mathematischen Werkzeuge, wodurch er den Grundstein zu der berühmten Wiener Bibliothek legte. Er starb 1442.

Georg Peurbach wurde im Jahre 1423 in dem Flecken Peurbach in Oberösterreich geboren. Er lehrte in mehren Städten Italiens mit großem Beifall und wurde später Professor der Sternkunde in Wien. Von ihm sind die ersten deutschen astronomischen Beobachtungen, die wir kennen. Ein frühzeitiger Tod unterbrach jedoch zu bald seine Thätigkeit, er starb 1461, noch nicht volle 38 Jahre alt. Bedeutender als er ist sein Schüler

Johannes Müller, geboren zu Königsberg in Franken, im Jahre 1436, weßwegen er auch häufig Johannes Königsberger, und noch häufiger nach der lateinischen Uebersetzung Johannes Regiomontanus genannt wird. Von früher Jugend an zeigte er großen Hang zur Mathematik und Sternkunde. Durch Peurbach's Ruf angezogen, ging er als fünfzehnjähriger Knabe nach Wien, wo er bald nicht bloß dessen eifriger Schüler, sondern auch vertrauter Freund wurde. Er las hier mit Eifer alle Werke der griechischen Mathematiker, die er sich verschaffen konnte, die Originale waren noch nicht bekannt, man mußte sich mit sehr ungenauen lateinischen Uebersetzungen behelfen, die wieder nach arabischen Uebersetzungen

angefertigt waren. Um diese Zeit stürzte, wie bekannt, das schon längst morsch gewordene byzantinische Reich zusammen, und mit den flüchtigen Griechen kamen auch die Schätze altgriechischer Weisheit nach Italien. Im Jahre 1460 lernte Müller in Wien den gelehrten Kardinal Bessarion, einen geborenen Griechen, kennen, durch welchen er noch mehr auf die Nothwendigkeit, das Griechische zu erlernen, hingewiesen wurde. Mit ihm ging er, nach Peurbach's Tod, 1461 nach Rom, wo er sich bald bedeutende Kenntnisse im Griechischen erwarb, so daß er die Werke des Ptolemäus und seiner Erklärer mit Leichtigkeit in der Ursprache lesen konnte. Er sammelte griechische Handschriften, ließ andere abschreiben oder schrieb sie auch selbst ab, so wie z. B. ein griechisches neues Testament, das er mit eigener Hand sauber abgeschrieben hatte, lange aufbewahrt wurde. Sieben Jahre brachte er in rastloser Thätigkeit in Italien zu, in mehren Städten hielt er vor zahlreichen Zuhörern Vorlesungen über die Sternkunde und beobachtete fleißig am Himmel, wodurch er Gelegenheit hatte, sich von der Unzuverlässigkeit der vorhandenen astronomischen Tafeln zu überzeugen. Im Jahre 1468 kehrte er nach Wien zurück, wo ihm die Professur der Astronomie übertragen wurde. Doch blieb er hier nicht lange, sondern folgte der Einladung des gelehrten Königs von Ungarn, Mathias Corvinus, der ihn mit einem Gehalte von 200 Goldgulden nach Ofen berief. Indessen bewogen ihn die Kriege, in die Mathias Corvinus bald darauf verwickelt wurde, sich nach einem friedlicheren Wohnsitze umzusehen; seine Wahl fiel auf Nürnberg, eine Stadt, die damals vermöge der ausgebreiteten Verbindungen ihrer Kaufleute der Mittelpunkt Europa's genannt werden konnte, und deren geschickte Künstler ihn hoffen ließen, sich dort mit vortrefflichen astronomischen Werkzeugen versehen zu können. Wie Hipparch, wollte er durch eine Reihe zuverlässiger Beobachtungen der Sternkunde neue sichere Grundlagen geben, ohne welche die Theorien, mit welchen man sich damals so viel beschäftigte, Luftgebäude bleiben mußten. Im Jahre 1471 ging er dorthin ab. Glücklich traf es sich, daß er hier mit einem reichen Bürger Bernhard Walter bekannt wurde, der sich viel mit der Sternkunde beschäftigte. Dieser ließ nach Müllers Angabe mehre neue Meßwerkzeuge anfertigen, mit welchen sie gemeinschaftlich eine regelmäßige

Reihe Beobachtungen anstellten, die ihnen die Ueberzeugung gab, daß die alphonsischen Tafeln (§. 39) sehr von der Wahrheit abwichen. Ein Komet, der im Jahre 1472 erschien, gab Müller die Veranlassung, Untersuchungen über dessen Parallaxe (§. 12) anzustellen; er ist der erste, welcher es versucht hat, diese Himmelskörper in den Kreis der astronomischen Beobachtungen hinein zu ziehen.

In einer Druckerei, die Walter eigens zu diesem Zwecke anlegen ließ, sollten nicht bloß Müllers eigene Werke erscheinen, sondern auch die Schriften der älteren Astronomen und Mathematiker, die er handschriftlich aus Italien mitgebracht hatte. Wie großartig dieser Plan war, zeigt das noch erhaltene Verzeichniß der Schriften, die aus dieser Buchdruckerei hervorgehen sollten.

Er kam aber nur zum kleinsten Theile zur Ausführung, da Müller schon im Jahre 1475 nach Rom berufen wurde, um an der Verbesserung des Kalenders Theil zu nehmen, wie ich dieß bereits früher (§. 36) erwähnt habe. Im Jahre 1475 reiste er ab, kam im Herbste in Rom an und begann sogleich die ihm aufgetragene Arbeit, aber schon am 6 Juli 1476 starb er, kaum 41 Jahre alt, wahrscheinlich an der Pest, die damals in Rom wüthete.

Seine Zeitgenossen nennen ihn mit der größten Verehrung und bezeichnen ihn als eine Zierde Deutschlands. Er war nicht bloß als Mathematiker und Astronom ausgezeichnet, sondern auch in der praktischen Ausführung der Instrumente wohl bewandert. Außer mehren astronomischen Instrumenten verfertigte er auch einen großen Hohlspiegel von Metall, Kompasse, Himmelsgloben und ähnliche Werkzeuge, für die er eine besondere Werkstätte eingerichtet hatte.

Unter seinen verschiedenen Schriften, die alle sehr geschätzt wurden, ist besonders sein astronomischer Almanach, Ephemeriden, wie er ihn nannte, für die Jahre 1475 bis 1506 berechnet, berühmt geworden. Er diente allen späteren ähnlichen Arbeiten, die der Sternkunde unberechenbaren Vortheil gebracht haben und noch gegenwärtig bringen, zum Vorbild. Wiewohl jedes Exemplar 12 Dukaten kostete — ein Preis, der damals, wo die Druckerei kaum entstanden war — nicht zu hoch war — so wurde diese Schrift doch nach allen Län-

dern verlangt. Auch gab er einen Kalender heraus, den ersten, der in Europa gedruckt wurde, welcher ebenfalls lange als Muster gedient hat.

Walter setzte noch lange die Beobachtungen allein fort und verdient einen ehrenvollen Platz unter den Astronomen des fünfzehnten Jahrhunderts.

41. Wenige Jahre vor Müllers Tod, am 19 Februar 1473, wurde Nikolaus Kopernikus zu Thorn in Preußen geboren. Schon in früher Jugend zeigte er großen Hang zu den mathematischen Wissenschaften und besonders zur Sternkunde. Nachdem er sich schon in seiner Vaterstadt ausgebreitete Kenntnisse in den griechischen und römischen Schriftstellern verschafft hatte, ging er auf die Universität Krakau, studirte dort Philosophie und Medizin, in welcher er auch den Doktorgrad erhielt, aber vor allem Andern war es auch hier die Sternkunde, die er mit Eifer pflegte. Nach seiner Rückkehr von der Universität hielt er sich einige Zeit in seiner Vaterstadt auf und unternahm dann, in seinem 23ten Jahre, eine Reise nach Italien. Hier war der Ruhm des verstorbenen Johannes Müller noch in frischem Andenken, was nicht wenig dazu beitrug, den Eifer des jungen Kopernikus anzufeuern. Von Bologna, wo er sich zuerst aufhielt und von dem damals berühmten Astronomen Dominicus Maria mit der größten Auszeichnung behandelt wurde, wandte er sich nach Rom, wo man bald seine Bedeutung erkannte und ihm einen Lehrstuhl der mathematischen Wissenschaften übertrug, an welcher Stelle er durch seine Vorträge großen Ruhm einerntete. Hier wie in Bologna beobachtete er sehr fleißig den Himmel. Nach einigen Jahren kehrte er nach Deutschland zurück und erwarb sich hier nicht minder durch sein leutseliges Wesen als durch seine ausgebreiteten Kenntnisse allgemeine Achtung und Liebe. Sein mütterlicher Oheim, der Bischof von Ermland, machte ihn zum Kanonikus am Domstifte zu Frauenburg. In dieser Stelle, die er nicht wieder verließ, fand er zuerst nicht die erwartete Muße. Er konnte den Streitigkeiten des Domkapitels mit dem deutschen Ritterorden nicht fremd bleiben, und die Festigkeit, mit welcher er die Rechte seines Stiftes vertheidigte, zog ihm sogar eine Schmähschrift von Seiten der deutschen Ritter zu. Indessen gelang es ihm doch endlich, sich Ruhe zu verschaffen, und seit dieser Zeit war sein gan-

zes Leben nur drei Beschäftigungen gewidmet: die Erfüllung seiner geistlichen Pflichten, der Wissenschaft und der unentgeldlichen Behandlung armer Kranken, welchen er sogar die von ihm selbst verfertigten Heilmittel schenkte. Doch wie sehr er auch die Ruhe des Studirzimmers liebte, seine Tüchtigkeit für das Geschäftsleben, seine Festigkeit und Klugheit waren zu bekannt, als daß man sich nicht häufig an ihn gewandt hätte, wo es zu handeln galt.

Mehr als einmal mußte er die Stelle des abwesenden Bischofs vertreten, mehr als einmal, bei dem Ableben des Bischofs bis zur Wiederbesetzung des bischöflichen Stuhles, die Verwaltung der Güter des Bisthums übernehmen. In dieser Stellung legte Kopernikus, den mächtigen deutschen Rittern gegenüber, Beweise von großem persönlichen Muthe ab. Der stärkste Beweis seines Muthes ist aber gewiß darin zu suchen, daß er es wagte, die wissenschaftlichen Vorurtheile zu stürzen, die nicht bloß durch die größten Astronomen aller vorhergehenden Zeiten geglaubt und gelehrt, sondern auch durch die Ansicht der Kirche geheiligt worden waren. Im Jahre 1507 fing er an, seine Gedanken über die Bewegung der Planeten niederzuschreiben. Er sah wohl ein, daß eine völlig richtige Erklärung dieser Bewegungen nur aus genaueren Beobachtungen hervorgehen konnte, als man sie bis dahin hatte; er hörte daher nie auf, mit selbstverfertigten Werkzeugen fleißig am Himmel zu beobachten, doch blieb es ihm nicht verborgen, daß seine Werkzeuge noch sehr viel zu wünschen übrig ließen. Endlich, als er hinlängliche Beweise der Richtigkeit seines Systems zu haben glaubte, unternahm er es, dasselbe in einem ausführlichen Werke auseinander zu setzen. Wahrscheinlich war dieses Werk im Jahre 1530 bereits völlig ausgearbeitet, aber Kopernikus zögerte mit dessen Bekanntmachung. Indessen hielt er seine neuen Gedanken nicht so geheim, daß sich die Kunde davon nicht bald in der ganzen gelehrten Welt verbreitete und überall den lebhaften Wunsch entstehen ließ, das ganze Werk kennen zu lernen.

Im Jahre 1539 kam ein junger Mann von vielem Talente, Georg Rheticus, Professor zu Wittenberg, nach Preußen, um von Kopernikus zu lernen. Dieser gab zuerst ausführliche Nachrichten über das kopernikanische System, in Form eines langen Schreibens an den Nürnberger Mathematiker

Johannes Schoner. Schon jetzt zeigte sich, daß dieses System nicht ohne Anfeindungen bleiben würde. Man versuchte es sogar, den Verfasser auf die Bühne zu bringen und lächerlich zu machen.

Das beste Mittel, den hämischen Spott unwissender Menschen zu beschämen, war offenbar die Bekanntmachung des ganzen Werkes, und durch diese Vorstellung gelang es endlich den Freunden des Kopernikus, ihn zur Herausgabe zu bewegen. Sechsunddreißig Jahre, nachdem es begonnen war, erschien dieses Werk, mit welchem die neuere Sternkunde ihren Anfang nimmt, nun endlich im Jahre 1543 in Nürnberg. Kopernikus widmete es dem Pabste Paul III. Ich thue dieß, sagt er in der Vorrede, um zu zeigen, daß ich das Urtheil aufgeklärter Männer nicht fürchte und damit mich Eure Heiligkeit, wenn sie dieses Werk beifällig aufnimmt, gegen die Angriffe der Verläumdung schütze.

Kurz vor Beendigung des Druckes wurde der sonst kräftige siebzigjährige Greis von einem Schlaganfalle getroffen, seine Geisteskräfte nahmen sehr ab, und am 24 Mai 1543 endete er sein ruhmvolles Leben. Wenige Stunden vor seinem Ende kam das erste Exemplar seines fertig gewordenen Werkes an; man gab es ihm in die Hände, er sah es an und hielt es fest, doch schwerlich war ihm noch der Inhalt bekannt.

Er wurde im Dome zu Frauenburg begraben, vor dem Altare, wo er Messe zu lesen pflegte.

42. Das kopernikanische System unterscheidet sich von dem ptolemäischen in zwei Hauptpunkten.

Erstens erklärt Kopernikus die tägliche Bewegung durch die Annahme, daß sich die Erde täglich einmal von Westen nach Osten um ihre Achse dreht, während Ptolemäus annimmt, daß die sämmtlichen Gestirne sich täglich um die Erde bewegen. Die Erscheinungen der täglichen Bewegung, wie ich sie früher (§. 15) beschrieben habe, lassen sich aus der einen Annahme ebenso gut erklären, wie aus der anderen, es liegt in ihnen durchaus kein entschiedener Beweis für die Richtigkeit der kopernikanischen Ansicht. Einen solchen kannte man überhaupt zu Kopernikus Zeiten noch gar nicht. Wohl aber konnte er Gründe anführen, welche es mindestens in hohem Grade wahrscheinlich machten, daß seine Ansicht die richtige sei.

Schon die Einfachheit spricht dafür. Während Kopernikus die tägliche Bewegung aller Himmelskörper durch die einzige Bewegung der Erde erklärt, muß man im ptolemäischen Systeme annehmen, daß jeder dieser unzähligen Himmelskörper sich um die Erde bewegt. Noch unwahrscheinlicher wird die ptolemäische Ansicht, wenn man auf die Geschwindigkeiten Rücksicht nimmt, welche die verschiedenen Himmelskörper alsdann haben müßten. Nehmen wir an, daß die Erde sich täglich um ihre Achse dreht, so durchläuft ein Punkt des Aequators täglich 5400 Meilen, andere Punkte, die außerhalb des Aequators liegen, noch weniger, je näher sie den Polen sind (§. 8). Nehmen wir dagegen an, daß die Erde ruht und die Himmelskörper sich täglich um sie bewegen, so müßte z. B. die Sonne, die ungefähr 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist (§. 18), täglich einen Kreis von mehr als 125 Millionen Meilen durchlaufen, d. h. sie müßte sich mehr als 23 Tausendmal geschwinder bewegen als ein Punkt des Aequators der Erde. In §. 14 habe ich nachgewiesen, daß die Fixsterne mehr als 172 Millionen Meilen von uns entfernt sind. Ein Fixstern, der in dieser Entfernung stände, müßte täglich einen Kreis von mehr als 1000 Millionen Meilen durchlaufen. Ich werde aber später nachweisen, daß auch selbst die nächsten Fixsterne noch viel weiter von uns entfernt sind.

Der zweite Hauptpunkt, in welchem Kopernikus von dem ptolemäischen Systeme abweicht, betrifft die Bewegung der Sonne und Planeten.

Während nach dem älteren Systeme die Sonne auch jährlich einen Kreis um die ruhende Erde beschreibt und außerdem die übrigen Planeten sich in Kreisen um die Erde bewegen (§. 39), behauptet Kopernikus, daß im Gegentheile die Erde ebenfalls ein Planet ist, welcher sich, wie die übrigen Planeten, in einem Kreise um die ruhende Sonne bewegt. Um diesen Theil seines Systems zu erweisen, brauchte er sich nicht bloß an Wahrscheinlichkeiten zu halten, er durfte sich vielmehr auf das merkwürdige Vorwärts- oder Rückwärtsgehen der Planeten berufen, welches sich nur aus seiner Ansicht einfach erklären ließ, wie ich dieß schon früher (§. 38) auseinandergesetzt habe.

43. Unter den vielen Einwürfen, mit welchen man das kopernikanische System in der ersten Zeit nach seiner Veröffentlichung bestritt, sind nur wenige, die noch jetzt einer besonderen Beachtung werth sind.

Besonderes Gewicht legte man auf folgenden Einwurf, welcher beweisen sollte, daß die Erde keine tägliche Bewegung um eine Achse habe. Man sagte: wenn ein Stein von einem Thurme herabfällt, so lehrt die Erfahrung, daß er am Fuße desselben niederfällt. Gesetzt, der Stein brauche nun, um von der Spitze des Thurmes bis zum Fuße desselben zu gelangen, drei Sekunden, so würde doch während dieser Zeit der Thurm, welcher mit der Erde fest verbunden ist und daher an ihrer Umdrehung Theil nimmt, sich um ein Beträchtliches von Westen nach Osten fortbewegt haben. Steht der Thurm z. B. in Karlsruhe, so durchläuft er täglich 3540 Meilen (§. 8.), also in drei Sekunden fast dreitausend Fuß. Der Stein dagegen, der nicht mit der Erde verbunden ist und daher auch an ihrer Umdrehung keinen Theil nimmt, müßte von dem Orte, wo sich die Spitze des Thurmes früher befand, senkrecht herunterfallen und daher um ebenso viel als sich der Thurm unterdessen fortbewegt hat, hinter demselben westlich zurückbleiben. So meinte man auch, daß ein Vogel, der nur auf kurze Zeit sein Nest verläßt, unmöglich, wie dieß doch in Wahrheit der Fall ist, in dessen Nähe bleiben könnte, da sich das Nest unterdessen meilenweit mit der Erde fortbewegt. Solcher Einwendungen machte man viele.

Sie beruhen aber alle auf demselben Grundgedanken, oder, besser gesagt, auf demselben Grundirrthume, daß nämlich ein Körper, der einmal mit der Erde verbunden war, nicht mehr an ihrer Umdrehung Theil nähme, wenn er von ihr losgetrennt wird. Dieß ist ein Verstoß gegen die einfachsten Grundsätze der Bewegungslehre, welche freilich zu jenen Zeiten noch sehr im Unklaren waren.

Man denke sich ein Schiff, welches so rasch von Westen nach Osten fortgeht, daß es in einer Sekunde 13 Fuß durchläuft — es ist dieß die durchschnittliche Geschwindigkeit der Dampfschiffe, die rheinabwärts fahren, — man steige auf den Mast eines solchen Schiffes und lasse einen Stein herunterfallen, so wird er am Fuße des Mastes niederfallen. Braucht nun der Stein eine Sekunde, um diesen Weg zu durchlaufen,

so ist das Schiff und mit ihm der Mast unterdessen um 13 Fuß weiter nach Osten gerückt; hätte nun der Stein, während seines Falles, an dieser Bewegung keinen Theil genommen, so könnte er auch nicht am Fuße des Mastes niederfallen, sondern müßte auf einen Punkt des Schiffes treffen, der um 13 Fuß weiter nach Westen liegt. In der That hat sich aber der Stein, während seines Falles, um ebenso viel wie der Mastbaum von Westen nach Osten vorwärts bewegt. Denn es gilt ganz allgemein das Gesetz, daß ein Körper, der in Bewegung ist, diese Bewegung auch allen Gegenständen mittheilt, die mit ihm auf irgend eine Weise verbunden sind, und daß die Gegenstände diese ihnen mitgetheilte Bewegung auch dann noch behalten, wenn ihre Verbindung mit dem Körper aufhört, so lange sie nicht durch irgend einen fremden Einfluß vernichtet wird. Wer in einem Wagen fährt, wird vorwärts geworfen, wenn der Wagen plötzlich anhält; während des Fahrens hat er nämlich dieselbe Bewegung angenommen, wie der Wagen, hält nun der Wagen plötzlich an, so hat derjenige, welcher sich darin befindet, noch dieselbe Bewegung wie früher und wird daher vorwärts geworfen. Wer sich auf einem Schiffe befindet, hat dieselbe Bewegung wie das Schiff, auch der Stein, den er in die Hand nimmt, hat diese Bewegung; bringt er ihn auf den Mast und läßt ihn herabfallen, so behält der Stein, während seines Falles, noch immer dieselbe Bewegung, er bewegt sich nicht minder rasch vorwärts als der Mast und muß daher an dessen Fuß niederfallen.

Genau ebenso ist es bei der Umdrehung der Erde um ihre Achse. Ihre drehende Bewegung theilt sich allen Körpern, die sich auf ihrer Oberfläche befinden, mit. Ein Stein, den man an die Spitze eines Thurmes bringt, nimmt dort an der drehenden Bewegung des Thurmes Theil und hört nicht auf, daran Theil zu nehmen, wenn man ihn auch fallen läßt.

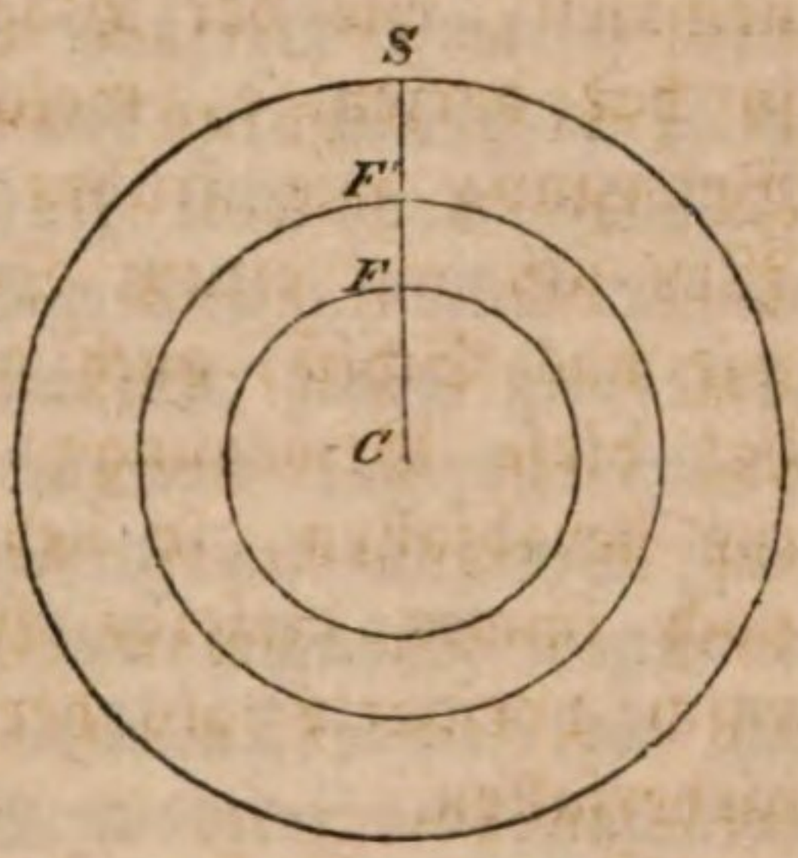
Ein Vogel, der auf einem Baume sitzt, dreht sich mit dem Baume um die Erdachse, aber auch, wenn er wegfliegt, behält er nicht minder diese drehende Bewegung, er entfernt sich daher nicht weiter von dem Baume, als dieß durch seinen Flug geschieht.

Alles dieß sind jetzt bekannte Dinge. Als das kopernika-

nische System bekannt wurde, war man aber über diese einfachen Gesetze der Bewegung noch sehr im Unklaren, daß nicht etwa bloß Unwissende, sondern selbst der größte Astronom jener Zeit, Tycho de Brahe, den Versuch mit einem fallenden Steine für einen gewichtigen Einwurf gegen die tägliche Umdrehung der Erde halten konnte.

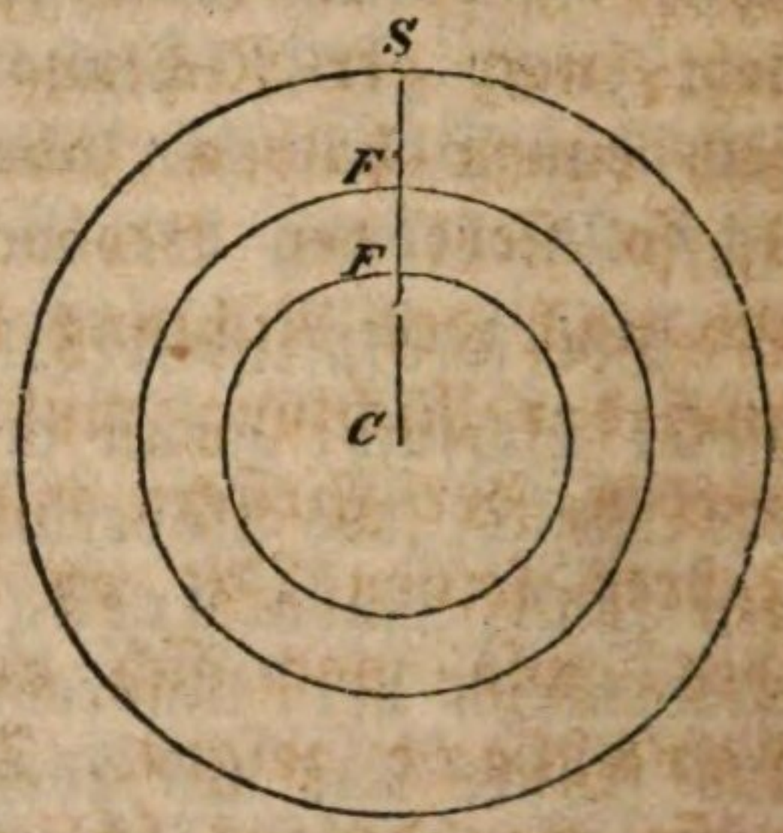
Bei sorgfältigerer Ueberlegung hat sich aber ergeben, daß dieser Versuch, wenn er mit Genauigkeit angestellt wird, statt die Ansicht des Kopernikus zu widerlegen, vielmehr dazu dienen kann, einen strengen Beweis für das wirkliche Vorhandenseyn der Umdrehung der Erde zu liefern, während sie uns früher nur als höchst wahrscheinlich erschien.

Ich habe bis jetzt nur im Allgemeinen gesagt, daß der Thurm an der Umdrehung der Erde Theil nimmt, man sieht aber leicht ein, daß die verschiedenen Punkte desselben sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen. Es bezeichne F den Fuß des Thurmes und C den Mittelpunkt des Kreises, welchen er täglich vermöge der Achsendrehung der Erde beschreibt. Ein höher liegender Punkt F' des Thurmes beschreibt während derselben Zeit einen größeren Raum als F, d. h. er bewegt sich schneller. Je höher dieser Punkt liegt, desto größer ist der Kreis, den er täglich beschreibt, desto schneller bewegt er sich also; am schnellsten bewegt sich die Spitze des Thurmes. Ein Stein, der auf die Spitze des Thurmes gebracht wird, nimmt dort die Geschwindigkeit der Spitze an und behält diese Geschwindigkeit, während er herunterfällt, er muß also dem Fuße des Thurmes voraneilen und daher weiter nach Osten zu liegen kommen. Es muß mithin, wenn sich die Erde um ihre Achse dreht, gerade das Umgekehrte von dem statt finden, was man früher unter dieser Voraussetzung erwartete. Der Stein muß nicht westlich, sondern vielmehr östlich vom Fuße des Thurmes liegen bleiben.



Nur wird freilich diese östliche Abweichung eine sehr kleine seyn und daher müssen die Versuche, wenn sie entscheidend

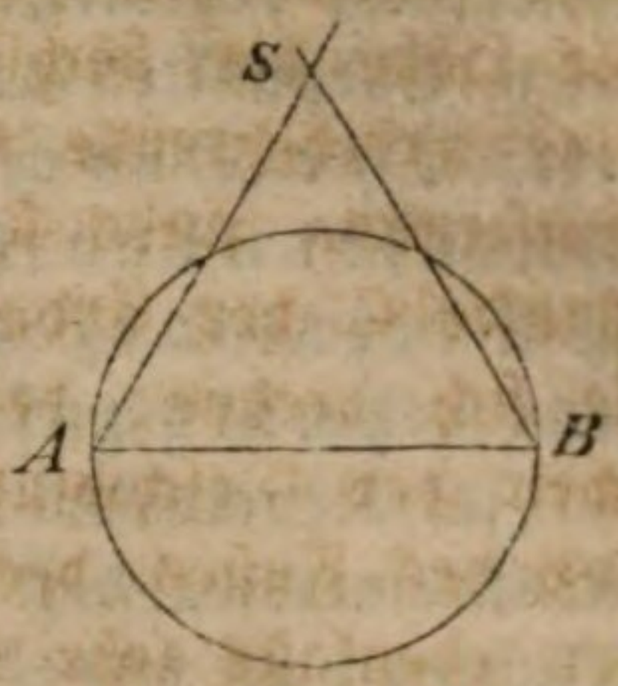
seyn sollen, mit großer Sorgfalt ausgeführt werden. Denn die Höhe der höchsten Thürme auf der Erde ist noch immer eine unbedeutende Größe gegen die Entfernung ihres Fußes F von dem Punkte C der Erdachse, um welchen sie sich drehen; der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit der Spitze und des Fußes des Thurmes ist daher ebenfalls sehr klein, so daß die östliche Abweichung des Steines nur wenig beträgt.



Die ersten genauen Versuche dieser Art verdankt man dem deutschen Physiker Benzenberg. Von dem Michaelisthurm in Hamburg ließ er, im Jahre 1802, Körper aus einer Höhe von 235 Fuß herabfallen und fand, daß sie um fast vier pariser Linien östlich von der senkrechten Linie abwichen. Im Jahre 1804 wiederholte er diese Versuche in dem Schachte des Kohlenbergwerks zu Schlebusch in der Grafschaft Mark und fand bei einer Fallhöhe von 262 Fuß eine östliche Abweichung von fünf pariser Linien. Beide Ergebnisse stimmen mit der unter Voraussetzung einer Achsendrehung der Erde berechneten Abweichung sehr gut überein. Mit noch besseren Mitteln wurden diese Versuche im Jahre 1832 durch Herrn Professor Reich in einem Schachte bei Freiberg wiederholt, auch hier zeigte sich, bei einer Fallhöhe von fast 500 Fuß eine östliche Abweichung, die mit der Berechnung vollkommen übereinstimmte. Unter der Voraussetzung, daß die Erde ruht, läßt sich diese Abweichung auf keine Weise erklären, sie liefert uns vielmehr den ersten strengen Beweis für das Vorhandenseyn einer Umdrehung der Erde.

44. Unter den Einwürfen, mit welchen man die Annahme einer jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne bekämpfte, ist nur folgender besonders bemerkenswerth. Man sagte: Wenn die Erde eine so große Bahn um die Sonne beschreibt, daß deren Durchmesser über 41 Millionen Meilen beträgt (§. 19), so müßte sich daraus nothwendig eine scheinbare Bewegung der Fixsterne ergeben, sie müßten im Laufe des Jahres fortzurücken scheinen, während wir sie in Wahrheit immer nach derselben Richtung sehen. Bezeichnet

nämlich AB den Durchmesser der Erdbahn und befindet sich ein Beobachter im Punkte A, so sieht er einen Fixstern, der in S steht, nach der Richtung AS; ist die Erde nach einem halben Jahre in dem Punkte B, so sieht der Beobachter den Fixstern nun nach der Richtung BS; diese Aenderung der Richtung müßte also bemerkbar werden, der Fixstern müßte im Laufe des Jahres seinen Ort an der Himmelskugel zu ändern scheinen, oder, wie man sich ausdrückt, er müßte eine jährliche Parallaxe zeigen. Da dieß aber nicht der Fall sei, so müsse man daraus schließen, daß auch die Erde immer an derselben Stelle im Raume bleibe, und vielmehr die Sonne es sei, die sich jährlich in einem Kreise bewegt. Dieser Schluß beruht aber auf einer unerwiesenen Voraussetzung. Man stützte sich auf den Umstand, daß die Fixsterne keine jährliche Parallaxe zeigen, dieß läßt sich aber auf zwei verschiedene Weisen erklären. Entweder nimmt man an, daß eine solche Parallaxe wirklich nicht vorhanden ist, und in diesem Falle könnte die Erde freilich keine Bewegung haben. Andererseits kann aber die Parallaxe allerdings vorhanden, jedoch so klein seyn, daß die Meßwerkzeuge sie nicht mehr anzugeben im Stande sind, und in diesem Falle wird man das ganze Jahr hindurch den Fixstern nach derselben Richtung zu sehen glauben. Ich habe schon früher bemerkt (§. 12), daß die Parallaxe nur dann deutlich hervortritt, wenn die Standlinie, von welcher aus sie bestimmt wird, im Verhältniß zur Entfernung des Gegenstandes hinlänglich groß ist. Namentlich habe ich in Beziehung auf die Fixsterne bemerkt (§. 14), daß sie von allen Punkten der Erde aus nach derselben Richtung gesehen werden, weil auch die größte Entfernung, die man auf der Erde wählen kann, im Verhältniß zur Entfernung der Fixsterne in einen Punkt zusammen schwindet. Da nun Kopernikus sich aus anderen Gründen überzeugt hatte, daß die Erde sich wirklich um die Sonne bewegt, so nahm er keinen Anstand, die Behauptung auszusprechen, daß wir die Fixsterne nur deßwegen nach derselben Richtung sehen, weil selbst der Durchmesser der Erdbahn im Verhältniß zur Entfernung der Fixsterne noch zu klein ist, als daß die Meßwerkzeuge eine



Aenderung der Richtung angeben könnten, wenn man von dem einen Endpunkte dieses Durchmessers zu dem anderen übergeht. Der Durchmesser der Erdbahn, sagt Kopernikus, schwindet eben so wie der Durchmesser der Erde, im Verhältniß zur Entfernung der Fixsterne, in einen Punkt zusammen.

Zu Kopernikus Zeiten waren die Meßwerkzeuge noch so unvollkommen, daß sie einen Winkel nicht bis auf mehre Minuten (§. 10), wir wollen hier sagen, bis auf drei Minuten, zuverlässig angeben konnten. Die Behauptung, daß die Fixsterne keine Parallaxe zeigen, konnte daher, richtig verstanden, nur so viel heißen, daß der Winkel, welchen die von den Endpunkten des Durchmessers der Erdbahn nach dem Fixsterne gezogenen Linien einschließen, sicher nicht über drei Minuten beträgt. Beträgt er weniger, so konnten ihn die damaligen Meßwerkzeuge nicht mehr angeben. Eine einfache mathematische Betrachtung lehrt aber, daß, wenn in dem Dreiecke A B S, die Linie A B über 41 Millionen Meilen und der Winkel bei S weniger als drei Minuten beträgt, alsdann nothwendig die Entfernung des Punktes S von dieser Linie mehr als 570 Mal 41 Millionen Meilen betragen muß. Aus Kopernikus Ansicht folgte also zugleich, daß die Entfernung der Fixsterne von der Erde größer als 23000 Millionen Meilen ist. Früher (§. 14) hatten wir nur eine viel engere Gränze für diese Entfernung angeben können.

So oft die Meßwerkzeuge insofern verbessert wurden, daß man kleinere Winkel als früher durch sie bestimmen konnte, mußte auch die Frage über die jährliche Parallaxe der Fixsterne wieder aufgenommen werden. Dieß ist mehrfach geschehen, aber jedesmal erhielt man die Antwort, daß sich keine solche Parallaxe zeigt, bis man endlich in neuester Zeit mit Hülfe der ausgezeichnetsten Meßwerkzeuge, wie wir sie jetzt besitzen, wirklich an einigen Fixsternen eine jährliche Parallaxe entdeckte, wodurch der Einwand gegen die jährliche Bewegung der Erde auf die sicherste Weise widerlegt und die Ansicht des Kopernikus vollkommen bestätigt ist. In der Folge werde ich das Genauere hierüber mittheilen.

45. Gerade der Punkt, in welchem das kopernikanische

System noch mangelhaft war, wurde von dessen Gegnern nicht getroffen und konnte es auch nicht, weil dazu viel genauere Beobachtungen gehörten, als man sie damals noch besaß. Kopernikus blieb insofern bei der Ansicht der älteren Astronomen stehen, daß auch er annahm, die Planeten bewegten sich in Kreisen, und in der That hatte er keinen Grund, von dieser Annahme abzugehen. Aber auf Kopernikus folgte ein Mann, durch welchen die beobachtende Sternkunde einen ganz neuen Aufschwung nahm, und wiewohl er zu den heftigsten Gegnern des kopernikanischen Systems gehörte, so dienten seine vortrefflichen Beobachtungen, die alle früheren weit hinter sich ließen, doch nur dazu, dieses System seiner letzten Vollendung entgegen zu führen und nachzuweisen, daß die Bahnen der Planeten keine Kreise sind.

Dieser Mann war Tycho de Brahe. Drei Jahre nach Kopernikus Tod, am 14 Dezember 1546 wurde er zu Knudstrup in Schonen, welches damals zu Schweden gehörte, geboren. Er stammte aus einer altadeligen Familie, die zwar in Dänemark ausgestorben ist, von der aber noch ein Zweig in Schweden fortlebt. Sein Vater, Otto Brahe, wollte ihn nicht studiren lassen, aber sein kinderloser Onkel, Jörgen Brahe, welcher die großen geistigen Anlagen des Knaben erkannte, nahm ihn in's Haus und ließ ihn zur wissenschaftlichen Ausbildung vorbereiten. Hier blieb er von seinem 7ten bis zu seinem 13ten Jahre und beschäftigte sich besonders mit der lateinischen Sprache, als Vorbereitung zum Studium der Rechte, welchem er sich widmen sollte.

Im Jahre 1559 wurde der dreizehnjährige Knabe nach Kopenhagen auf die Universität geschickt. Eine große Sonnenfinsterniß, die er hier im Jahre 1560 beobachtete und welche genau zu der Zeit eintrat, welche die Astronomen voraus berechnet hatten, machte einen sehr tiefen Eindruck auf sein junges Gemüth und entzündete seine Liebe znr Sternkunde.

Im Jahre 1562 ging er nach Leipzig, um dort, nach dem Wunsche seines Onkels, die Rechtsstudien fortzusetzen, indessen verwendete er alle Freistunden und selbst ganze Nächte auf die Sternkunde und schaffte sich für sein Taschengeld mathematische und astronomische Bücher und Werkzeuge an, gegen Wissen und Willen seines Hofmeisters, welcher den Auftrag

hatte, seine Neigung zur Sternkunde so viel als möglich zu hemmen.

Der Tod seines bisherigen Wohlthäters nöthigte ihn 1565 nach Dänemark zurück zu kehren; allein die Geringschätzung, mit welcher seine Familie auf seine Beschäftigung mit der Sternkunde herabsah, machte ihm den dortigen Aufenthalt unerträglich. Er reiste wieder nach Deutschland, stellte an verschiedenen Orten Beobachtungen an und beschäftigte sich zugleich eifrig mit Chemie. Auf dieser Reise begegnete es ihm, daß er in Rostock mit einem dänischen Edelmann über eine mathematische Frage in Streit verwickelt wurde. Die beiden Hitzköpfe ziehen die Degen und Brahe verliert einen großen Theil seiner Nase, die er durch eine falsche ersetzte.

Nach fünfjähriger Abwesenheit zum zweiten Male nach Dänemark zurückgekehrt, fand er hier einen neuen Beschützer an seinem mütterlichen Onkel Steen Bilde, welcher ihm auf seine Kosten eine Sternwarte bauen ließ. Der König von Dänemark, Friedrich der zweite, wurde auf ihn aufmerksam und bewog ihn, in Kopenhagen Vorlesungen über die Sternkunde zu halten.

In dieser Zeit heirathete er, ohne sich an die Vorurtheile seines Standes zu kehren, eine Bäuerin aus seinem Geburtsorte, die seine Neigung gewonnen hatte; aber dieser Schritt zog ihm den Haß seiner Familie und anderer Edelleute zu, welche ihm schon die Liebe zur Wissenschaft wie viel mehr die Liebe zu einer Bäuerin verargten. Nur die Gunst des Königs konnte ihn jetzt noch vor Verfolgungen schützen.

Im Jahre 1575 unternahm er eine große Reise durch Deutschland, die Schweiz und Italien und kam 1576, mit vielen Kenntnissen und astronomischen Werkzeugen bereichert, nach Dänemark zurück. In Deutschland hatte er auch den Landgrafen Wilhelm von Hessen-Kassel kennen gelernt, welcher selbst zu den bedeutendsten Astronomen jener Zeit gehörte.

Hauptsächlich auf dessen Empfehlung fand sich der König von Dänemark bewogen, Tycho de Brahe von nun an auf die freigebigste Weise zu unterstützen. Er setzte ihm nicht blos einen großen Jahrgehalt aus, sondern schenkte ihm auch die schöne und fruchtbare, zwischen Seeland und Schonen gelegene, jetzt schwedische Insel Hveen, schoß ihm bedeutende Summen zur Erbauung eines großen Schlosses vor und beschenkte ihn noch

später mit einem einträglichen Lehen und einem Kanonikate. Mitten auf der Insel, die nach allen Seiten eine weite freie Aussicht hat, wurde das Schloß, welches Tycho Uranienburg nannte, gebaut. Es enthielt eine prächtige Sternwarte und ein großes chemisches Laboratorium, in der Nähe waren Wohnungen für die meist fremden Meister, welche seine Werkzeuge verfertigten; sogar eine Buchdruckerei wurde auf der Insel angelegt.

Im Jahre 1580 war der Bau vollendet und nun lebte hier Tycho siebzehn Jahre lang, in welcher Zeit die Insel Hveen der Hauptsitz der Sternkunde war. Zahlreiche Schüler strömten dahin, um bei Tycho zu lernen, Gelehrte aus allen Ländern, selbst Fürsten und Könige kehrten dort ein; der König Jakob I von England, der im Jahre 1590 nach Dänemark reiste, um die dänische Prinzessin Anna zu heirathen, wohnte acht Tage dort.

Tycho's Feinde lauerten auf eine Gelegenheit, ihn zu stürzen, und diese bot sich ihnen dar, als nach dem Tode Friedrichs (1588) der junge König Christian den Thron bestieg. Man suchte ihn auf alle Weise anzuschwärzen, eine Kommission sogenannter Gelehrten, welche den Auftrag hatte, die Sternwarte zu Uranienburg zu untersuchen, erklärte in einem hämischen Berichte die Unterhaltung dieser Anstalt für eine nutzlose Verschwendung der Staatsgelder. Alles was Tycho durch des vorigen Königs Freigebigkeit erhalten hatte, wurde ihm nach und nach unter allerlei Vorwänden entzogen und so sah er sich zuletzt genöthigt, sein großes Unternehmen aufzugeben. Nachdem er noch eine Zeitlang in Kopenhagen gegen Ränke aller Art gekämpft hatte, verließ er sein Vaterland im Jahre 1597 für immer, seine astronomischen Werkzeuge, und was er sonst fortschaffen konnte, mit sich nehmend. Ein Jahr lang hielt er sich theils in Rostock, theils in Wandsbeck bei dem Grafen Ranzow auf. Hierauf folgte er einer Einladung des Kaisers Rudolph II, welcher ihm einen Jahrgehalt von 3000 Goldgulden aussetzte und ihm das Schloß Benach bei Prag schenkte. Hier wurde ihm auf Kosten des Kaisers eine Sternwarte und ein chemisches Laboratorium eingerichtet, wo er seine Beobachtungen eifrig fortsetzte. Da er jedoch das Schloß nicht ganz zu seinem Zwecke dienlich fand, zog er nach zwei Jahren nach Prag, wo ihm der Kaiser ein großes Haus

kaufte und zu seinem Gebrauche einrichten ließ. Aber nicht lange sollte er hier bleiben, denn schon am 24 Oktober 1601 verschied er. Der Kaiser ließ ihn mit vieler Pracht begraben.

Tycho ist unstreitig einer der größten beobachtenden Astronomen, die je gelebt haben und stand als solcher sehr hoch über Kopernikus und seine übrigen Zeitgenossen. Er beschäftigte sich sein ganzes Leben hindurch mit der Vervollkommnung der Meßwerkzeuge. Man verdankt ihm mehre wichtige Entdeckungen in Beziehung auf den Mond. Er hat zuerst an den astronomischen Beobachtungen eine Verbesserung wegen der Strahlenbrechung (§. 5) angebracht. Auch hat er zuerst gezeigt, daß die Kometen — von welchen später mehr die Rede seyn wird — regelmäßige Bahnen beschreiben.

Durchaus verunglückt ist sein Versuch, das kopernikanische System durch ein anderes zu ersetzen, welches zugleich den Beobachtungen und der Geistlichkeit genügen sollte. Die Verketzerung des kopernikanischen Systems begann schon damals, die Geistlichkeit erklärte es für gottlos, weil aus einigen Stellen der Bibel mit Bestimmtheit folgen sollte, daß die Erde keine Bewegung habe. Vielleicht wollte Tycho diesen Verfolgungen aus dem Wege gehen; vielleicht aber widersprach auch das kopernikanische System seiner eigenen gläubigen Ueberzeugung, wiewohl es sicher ist, daß er die Priester geringschätzig behandelte, selten die Kirche besuchte und sogar in Dänemark die ihm obliegende Unterhaltung der Kirchengebäude vernachlässigt hatte, welcher Umstand gerade einer der wesentlichsten Anklagepunkte war, die seine Feinde gegen ihn vorbrachten. Indessen darf nicht verschwiegen werden, daß er auch viele wissenschaftliche Einwürfe gegen das kopernikanische System machte, deren Unhaltbarkeit freilich jetzt klar ist. Einige dieser Einwürfe habe ich schon (§. 43 und 44) besprochen.

Nach Tycho ruht die Erde im Mittelpunkte des Weltalls und um sie bewegt sich der Mond und die Sonne; um die Sonne bewegen sich aber die fünf Planeten: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, und mit ihr zugleich um die Erde. Die Fixsterne bewegen sich täglich um die Erde. Dieses System, welches man das tychonische nennt, ist aus dem ptolemäischen und kopernikanischen zusammengesetzt, seine

Unhaltbarkeit wurde bald erkannt und es hat gegenwärtig nur noch einen geschichtlichen Werth.

Die Uranienburg verschwand bald nach Tycho's Tod bis auf die letzten Spuren, seine reiche Sammlung astronomischer und anderer Werkzeuge* ging bei der Erstürmung Prags im Jahre 1619 größtentheils zu Grunde. Ein besseres Schicksal hatten seine unschätzbaren Beobachtungen, die er handschriftlich hinterließ. Sie kamen in die Hände eines Mannes, welcher vielleicht unter allen seinen Zeitgenossen der einzige war, der den rechten Gebrauch davon zu machen wußte. Dieß war Johannes Keppler, dessen Leben und Leistungen ich nun ausführlicher darstellen werde.

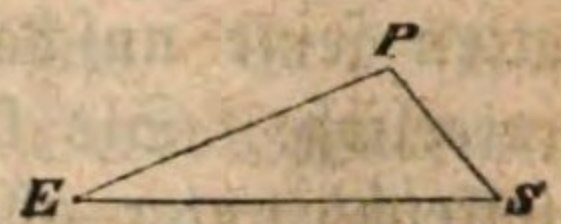
Achtes Hauptstück.

46. Die auffallenden Erscheinungen in der Bewegung der Planeten hatte Kopernikus, wie ich früher erzählt habe (§. 38), dadurch erklärt, daß er annahm, die sämmtlichen Planeten, zu welchen auch die Erde gehöre, bewegten sich in kreisförmigen Bahnen um die Sonne. Ist dieß der Fall, so folgt daraus, daß uns die Bewegung der Planeten nur deßwegen unregelmäßig erscheint, weil wir nicht im Mittelpunkte der Bewegung stehen; könnten wir uns aber in die Sonne versetzen, so müßte uns diese Bewegung als eine vollkommen regelmäßige erscheinen, wir müßten von dort aus die Planeten beständig in einem Kreise von Westen nach Osten fortgehen sehen. Nun können wir freilich eine solche Veränderung un-

---

* Im Jahre 1570 hatte Tycho de Brahe in Augsburg, wo damals die geschicktesten Mechaniker lebten, eine große Himmelskugel verfertigen lassen, die 14000 Gulden kostete, und auf welche er, während seiner 25jährigen Beobachtungen, sämmtliche damals bekannten Fixsterne auftrug. Zuerst in Uranienburg aufgestellt, wanderte sie mit Tycho's übrigen Werkzeugen nach Wandsbeck, dann nach Prag. Man glaubte zuerst, sie sei ebenfalls bei der Plünderung Prags vernichtet worden, sie fand sich aber, man weiß nicht wie, in dem Jesuitenkollegium zu Neiße wieder. Als die Festung im Jahre 1623 erobert wurde, kam diese Kugel nach Kopenhagen und wurde dort in der Universitätsbibliothek aufbewahrt, bis sie im Jahre 1728 in einem großen Brande unterging.

seres Standpunktes nicht vornehmen, aber für unseren Zweck ist es hinreichend, wenn wir durch wissenschaftliche Untersuchungen zu bestimmen im Stande sind, wie einem in der Sonne befindlichen Beobachter der Lauf der Planeten erscheinen muß. Dies können wir aber allerdings ausführen. Steht nämlich die Erde im Punkte E, die Sonne im Punkte S und der Planet im Punkte P, so bilden diese drei Punkte P, E, S ein Dreieck, in welchem man die Linie E S, d. h.



die Entfernung der Erde von der Sonne,
und die Linie E P, d. h. die Entfernung der Erde von dem Planeten, bestimmen kann (§. 12); auch der Winkel, den diese zwei Linien einschließen, ergibt sich unmittelbar durch Beobachtung. Sobald man aber in einem Dreiecke die Größe zweier Seiten und des von ihnen eingeschlossenen Winkels kennt, so kann man auch die Größe der dritten Seite finden (§. 13). Auf den vorliegenden Fall angewendet, heißt das: man kann die Größe der Linie P S oder die Entfernung des Planeten von der Sonne finden.

Hat man daher eine Reihe guter Beobachtungen, welche die Lage des Planeten gegen die Erde angeben, so kann man daraus die entsprechenden Lagen des Planeten gegen die Sonne berechnen und die Bahn zeichnen, die er um die Sonne beschreibt. Zeigt es sich nun, daß diese Bahn kein Kreis ist, so folgt hieraus, daß man die Ansicht, als bewegten sich die Planeten in Kreisen um die Sonne, aufgeben muß. Zu Kopernikus Zeiten waren die Planetenbeobachtungen noch nicht mit der Schärfe ausgeführt, die zur Entscheidung dieser Untersuchung nöthig war. Erst als Tycho de Brahe einen großen Schatz vortrefflicher Beobachtungen über den Lauf der Planeten aufgehäuft hatte, war es möglich, hierüber in's Klare zu kommen.

47. Unter den Planeten war es besonders Mars, dessen Bewegung sich auf keine Weise mit der Annahme, daß sie eine kreisförmige sei, vereinigen ließ. Keppler hielt sich daher besonders an Tycho's Beobachtungen über diesen Planeten. Jahrelang setzte er seine Rechnungen fort, Rechnungen, die einen ungeheueren Aufwand von Fleiß und Ausdauer erforderten, zu einer Zeit, wo die Hülfsmittel, welche jetzt die höhere Rechenkunst so wunderbar erleichtern, noch gänzlich un-

bekannt waren und welche er, nach seiner eigenen Versicherung, alle wenigstens 70 Mal wiederholte.

Nachdem er sich endlich von der Wahrheit seiner Entdeckungen völlig überzeugt hatte, ließ er im Jahre 1609 seine in lateinischer Sprache abgefaßte Schrift über den Planeten Mars erscheinen, durch welche er der Sternkunde ein ganz neues Ansehen gab. Bewundernswerth ist die Geduld und der Scharfsinn, den dieses Werk auf allen Seiten beurkundet, nicht minder bewundernswerth die gute Laune, mit welcher er die Irrthümer schildert, durch die er sich hindurcharbeiten mußte, die heiteren Scherze, mit welcher er die trockensten Untersuchungen würzt.

Zwei Gesetze sind es, deren Nachweis den Hauptinhalt dieses Werkes bilden. Um sie deutlich zu verstehen, rufe der Leser sich wieder in's Gedächtniß, was ich früher über die Ellipse gesagt habe (§. 18). Das erste heißt:

Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen um die Sonne und die Sonne steht in dem einen Brennpunkte dieser Ellipse.

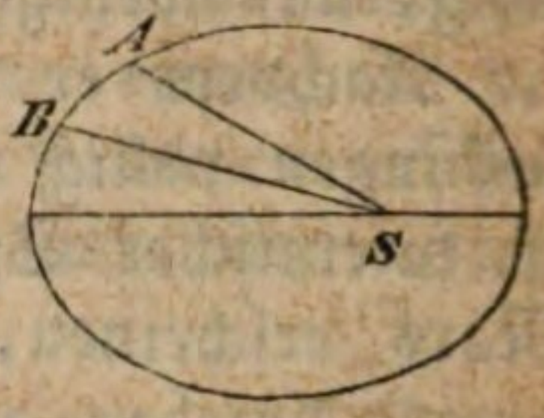
Durch dieses Gesetz wurde der letzte Rest des ptolemäischen Systems, der sich noch im kopernikanischen erhalten hatte, völlig vertrieben.

Die Bahn der Erde um die Sonne ist, wie ich dieß schon früher dargestellt habe (§. 19), eine Ellipse, die nur eine geringe Exzentricität hat, also sich wirklich so wenig vom Kreise unterscheidet, daß man sie mit einem solchen verwechseln konnte. Die Bahn des Mars dagegen hat eine viel größere Exzentricität, die Ellipse, die er beschreibt, ist viel gestreckter als die aller übrigen Planeten, welche man zu Kepplers Zeit kannte. Beobachtungen der Bewegung dieses Planeten waren daher besonders geeignet, zu zeigen, daß er keinen Kreis um die Sonne beschreibe, und so wurde Keppler wirklich zuerst durch den Mars auf seine große Entdeckung geführt, die er dann auf die übrigen Planeten ausdehnte.

War dieß einmal gefunden, so war es leicht zu zeigen, daß auch der Mond eine Ellipse um die Erde, die in dem einen Brennpunkte steht, beschreibt.

48. Nicht minder merkwürdig ist das zweite Gesetz, zu dessen Erläuterung ich noch ein Paar Worte vorausschicken muß.

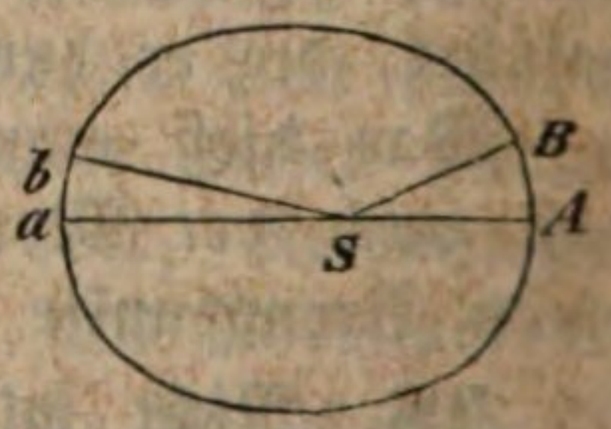
Man denke sich eine Ellipse, welche die Bahn eines Planeten vorstellen soll; die Sonne steht in dem Brennpunkte S, man ziehe nun aus S Linien nach zwei Punkten A und B der Ellipse, so wird durch den Bogen A B und durch die geraden Linien S A und S B ein Stück der Fläche der Ellipse begränzt. Ein solches Stück nennt man einen Ausschnitt oder Sektor. Bewegt sich der Planet in einer gewissen Zeit von A nach B, so entspricht dieser Zeit, wie man sich ausdrückt, der Ausschnitt A S B, der einen gewissen Flächeninhalt hat. Keppler fand nun folgendes Gesetz:



Die Bewegung der Planeten ist der Art, daß gleichen Zeiten immer Ausschnitte von gleichem Flächeninhalte entsprechen.

Die Entwickelung dieses Gesetzes wirft ein ganz neues Licht auf die Natur der Planetenbewegung. Ein dunkeles Gefühl, daß in der Bewegung der Planeten eine Gleichförmigkeit statt finden müsse, hatte die älteren Astronomen veranlaßt, diese Gleichförmigkeit in dem Einfachsten, was dabei hervortrat, zu suchen. Man nahm daher an, daß die Planeten in gleichen Zeiten gleiche Bogen durchliefen. Zeigte die Beobachtung, daß die Planeten sich bald rascher bald langsamer bewegen, so hielt man dieß für Schein, den man aus der Exzentricität des Beobachtungsortes erklärte (§. 39). Das Keppler'sche Gesetz dagegen weißt nach, daß eine Gleichförmigkeit in der Bewegung allerdings vorhanden, aber anderswo zu suchen ist. Nicht die in gleichen Zeiten beschriebenen Bogen, sondern die Flächenräume der ihnen entsprechenden Ausschnitte sind gleich.

Es folgt hieraus von selbst, daß die Bogen, die in gleichen Zeiten durchlaufen werden, nothwendig ungleich seyn müssen. Beschreibt nämlich der Planet, wenn er der Sonne am nächsten ist, in einer gewissen Zeit den Bogen A B und, wenn er am weitesten von der Sonne absteht, in derselben Zeit den Bogen a b, so muß der Flächeninhalt der zwei Ausschnitte S A B und S a b derselbe seyn. Man sieht aber, daß dieß unmöglich ist, wenn der Bogen A B eben so groß wie der



Bogen a b wäre, da ja die Linien S a und S b länger sind als S A und S B; vielmehr muß nothwendig, wenn die Flächenräume gleich seyn sollen, der Bogen a b kleiner als der Bogen A B seyn. Hieraus ergibt sich, daß jeder Planet sich in der Sonnennähe, d. h. wenn er der Sonne am nächsten ist, viel rascher bewegen muß, als wenn er am weitesten von der Sonne absteht, oder in der Sonnenferne; in Beziehung auf die Erde habe ich dieß schon früher bemerkt (§. 20 am Ende). Ueberhaupt wird die Bewegung des Planeten immer langsamer, wenn er von der Sonnennähe zur Sonnenferne geht, und immer rascher, wenn er von der Sonnenferne zur Sonnennähe zurückkehrt.

49. Die zwei erwähnten Gesetze beziehen sich auf jeden Planeten einzeln genommen, aber sie deuten noch nicht auf irgend einen Zusammenhang zwischen der Bewegung der verschiedenen Planeten. Keppler trug aber immer die Ueberzeugung in sich, daß ein solcher Zusammenhang wirklich statt finden müsse. Lange suchte er vergebens, bis es ihm endlich, nachdem er sich 17 Jahre lang mit Tycho's Beobachtungen beschäftigt hatte, gelang, den rechten Weg zu finden.

Daß die Planeten eine desto größere Zeit brauchen, ihre Bahn um die Sonne zu vollenden, je weiter sie von ihr entfernt sind, zeigt sich sogleich, wenn man die Entfernungen und Umlaufszeiten vergleicht, ob aber zwischen diesen Größen ein bestimmter Zusammenhang statt finde, wußte vor Keppler Niemand zu sagen. Wie er selbst erzählt, fand er diesen Zusammenhang zuerst am 8 März 1618, aber unglücklicher Weise verrechnete er sich, wie er das nicht selten that, und war schon im Begriff, auch diese Betrachtung, wie seine früheren zahlreichen Vermuthungen, als ein Hirngespinnst zu verwerfen. Wer weiß, wie lange diese merkwürdige Entdeckung noch verborgen geblieben wäre, hätte der unermüdliche Mann nicht einige Wochen später den glücklichen Gedanken gehabt, diese Untersuchung nochmals aufzunehmen. Der 15 Mai desselben Jahres ist der für die Sternkunde denkwürdige Tag, an welchem er dieß that. Gleich bei dem ersten Versuche fand er, daß er wirklich auf dem richtigen Wege gewesen war. Was er fand, war in der That so überraschend, daß er kaum seinen Augen traute und zu träumen glaubte, aber die fortgesetzte Rechnung zeigte ihm, daß er sich nicht geirrt hatte.

Um diese Entdeckung genügend zu erläutern, muß ich noch eine Bemerkung aus der Rechenkunst vorausschicken.

Wenn man eine Zahl mit sich selbst multiplicirt, so nennt man die hierdurch entstehende Zahl die Quadratzahl der ursprünglichen. Z. B. die Zahl 4 ist die Quadratzahl von 2, 9 ist die Quadratzahl von 3 u. s. w.

Wenn man die Quadratzahl noch einmal mit der Zahl selbst multiplicirt, so gibt dieß die Kubikzahl. Z. B. 8 ist die Kubikzahl von 2, eben so ist 27 die Kubikzahl von 3 u. s. w.

Man denke sich nun, die Umlaufszeiten zweier Planeten seien in derselben Einheit, z. B. in Tagen, ausgedrückt, eben so sei die Länge der großen Achsen (§. 18) ihrer Bahn in derselben Einheit, z. B. in Meilen, angegeben, so findet zwischen ihnen folgende von Keppler aufgefundene Beziehung statt, die man das dritte Keppler'sche Gesetz nennt. Es heißt:

Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten verhalten sich zu einander, wie die Kubikzahlen der großen Achsen.

Mit anderen Worten: wenn man zu den Zahlen, welche die Umlaufszeiten zweier Planeten angeben, die Quadratzahlen berechnet und diese durch einander dividirt, so erhält man dasselbe, wie wenn man zu den Zahlen, welche die großen Achsen ausdrücken, die Kubikzahlen berechnet und diese Kubikzahlen durch einander dividirt.

Man kann die Rechnung auch auf folgende Weise anstellen: Man dividire die eine Umlaufszeit durch die andere und suche zu der herauskommenden Zahl die Quadratzahl; dann dividire man die eine große Achse durch die andere und berechne zu der herauskommenden Zahl die Kubikzahl. Jene Quadratzahl muß alsdann dieser Kubikzahl gleich seyn.

Da ich nicht die Absicht haben kann, hier große Rechnungen anzustellen, so will ich mich mit einer oberflächlichen Probe begnügen, die nur im Allgemeinen veranschaulichen soll, wie diese Rechnungen überhaupt zu führen sind. In runden Zahlen ist die Umlaufszeit der Erde 365 Tage, die große Achse ihrer Bahn 41 Millionen Meilen, die Umlaufszeit des Mars ist 687 Tage, die große Achse seiner Bahn 64 Millionen Meilen. Dividirt man nun die Kubikzahl von 64, d. h. 262144 durch die Kubikzahl von 41, d. h. durch 68921, so

erhält man, wenn man bei ganzen Zahlen stehen bleibt, die Zahl 3; dividirt man ferner die Quadratzahl von 687, d. h. 471969 durch die Quadratzahl von 365, d. h. durch 133225, so erhält man wieder, wenn man bei ganzen Zahlen stehen bleibt, die Zahl 3.

Je genauer man aber die Werthe der Umlaufszeiten und großen Achsen nimmt, desto schärfer wird auch die Uebereinstimmung unter den Verhältnissen der daraus berechneten Quadrat- und Kubikzahlen seyn.

Uebrigens übersehe der Leser nicht, daß wir im Verlaufe unserer Betrachtungen zu einer anderen Auffassung des Wortes Planeten als früher gelangt sind. Früher (§. 14) bezeichneten wir damit Sterne, die ihre Lage gegen die Fixsterne ändern; solcher kannte man noch zu Keppler's Zeit nur fünf (§. 38). Seitdem aber durch Kopernikus und in noch weiterem Sinne durch Keppler nachgewiesen war, daß die Erde nach denselben Gesetzen, wie diese fünf Planeten, sich um die Sonne bewegt, wurde auch die Erde ein Planet genannt, indem man nun mit diesem Worte alle Körper bezeichnete, welche sich unmittelbar um die Sonne bewegen. Solcher Planeten gab es also sechs. Der Mond dagegen, der sich nur mittelbar um die Sonne, unmittelbar dagegen um die Erde bewegt, wurde nicht zu den Planeten gerechnet.

50. In dem kleinen Schwaben, welchem das deutsche Vaterland so viel große Geister verdankt, ist auch Johann Keppler geboren. Am 27. Dezember 1571 erblickte er in dem Dorfe Magstatt bei Weil das Licht der Welt. *

Wie die größten seiner Landsleute, wie das Geschlecht der Hohenstaufen und Schiller, zeigt auch Keppler jene wunderbare Mischung von feuriger Einbildungskraft und kaltem Verstande, deren innige Durchdringung zu seinen Entdeckungen unumgänglich nothwendig war.

Vor Keppler hatte man die Sternkunde aus einem sehr beschränkten Gesichtspunkte aufgefaßt, über welchen selbst Kopernikus nicht hinausgegangen war. Das Streben der Astronomen war lediglich darauf gerichtet, den Ort der beweglichen Himmelskörper unter den Fixsternen so genau als möglich im Voraus für jede Zeit bestimmen zu können; welchen Gesetzen

* Vergleiche: der a. d. Bürgerbibliothek Heldensaal und Ehrentempel. Band I. Seite 127.

aber die Bewegung derselben in Wahrheit unterworfen sey, das zu untersuchen hatte Niemand unternommen, noch weniger hatte man daran gedacht sich zu fragen, warum die Himmelskörper sich gerade so und nicht anders bewegen.

Keppler konnte sich dabei nicht beruhigen. Er trug von früher Jugend bis an's Ende seiner Tage die Ueberzeugung in sich, daß man von den Erscheinungen zu deren Gründen übergehen müsse und daß die Auffindung dieser Gründe nicht jenseits des menschlichen Erkenntnißvermögens lägen. Die wahre Beschaffenheit der Planetenbahnen und der Grund, weswegen sie gerade so beschaffen sind, warum es nur sechs Planeten gibt, warum sie eine solche Größe, eine solche Entfernung von der Sonne, eine solche Umlaufszeit haben, diese und ähnliche Fragen beschäftigten ihn sein ganzes Leben hindurch. Seine reiche Einbildungskraft schuf eine Vermuthung nach der anderen, aber er überließ sich ihr nicht blindlings. Wo er den Prüfstein der mathematischen Betrachtung anlegen konnte, da that er es mit dem unermüdlichsten Eifer. Was sich dabei als falsch ergab, das verwarf er ohne Rückhalt, mit der unpartheiischen Wahrheitsliebe, die den großen Naturforscher bezeichnet.

Vieles mußte ihm mißlingen, weil es auf falschen Voraussetzungen beruhte, wie seine Antwort auf die Frage, warum es sechs Planeten gebe; die spätere Erfahrung hat gezeigt, daß deren Zahl wirklich größer ist. Manches gelang ihm vollständig, dahin gehört die Auffindung der Gesetze der Planetenbewegung. Bei anderen Fragen, wie namentlich über den Grund dieser Gesetze, deren Lösung einer späteren Zeit vorbehalten war, hat er wenigstens das Verdienst, sie angeregt zu haben, ein Verdienst, welches vielleicht nicht geringer ist, als das, sie gelöst zu haben. Denn in der That war der Gedankengang auf welchen er die Nachwelt leitete, so neu, daß er von seinen Zeitgenossen nicht bloß nicht verstanden wurde, sondern auch mitunter, wie von Tycho de Brahe, den wohlgemeinten Rath erhielt, sich mit solchen leeren Betrachtungen nicht abzugeben.

Keppler's Jugend war eine sehr traurige. Schon an der Wiege empfing ihn das ungünstige Geschick, welches ihn sein ganzes Leben hindurch nicht verließ, ohne je die Heiterkeit seines Geistes auf die Dauer stören zu können. Sein Vater, aus einem alten aber verarmten adelichen Hause, verließ kurz nach Keppler's Geburt seine Familie und nahm im Heere des

Herzogs Alba Kriegsdienst, die Mutter folgte ihm, den Knaben fremder Pflege überlassend. Erst vier Jahre nachher kamen seine Eltern wieder zurück. Die zerrütteten Vermögensumstände des Vaters, der zuletzt im Jahr 1589 unter österreichischer Fahne gegen die Türken focht, und wahrscheinlich im Kampfe fiel, waren der Ausbildung des Knaben sehr ungünstig. Nach mancherlei Schicksalen wurde er in das theologische Stift zu Tübingen aufgenommen, um hier auf Kosten des Staates Theologie zu studiren.

Hier schloß er sich innig an den schon früher (§. 80) erwähnten Mästlin, seinen Lehrer der Mathematik und Professor zu Tübingen, an, der unter den damaligen Astronomen keine unbedeutende Stelle einnahm. Die unerquicklichen Zänkereien der Tübinger Gottesgelehrten dagegen konnten dem hellen Geiste Keppler's eben so wenig Nahrung bieten, als sein unabhängiger Sinn geneigt war sich zu Glaubenssätzen zu bekennen, die seiner Ueberzeugung widerstrebten.

So geschah es denn, daß man ihn, nachdem er seine theologischen Studien vollendet hatte, zu keiner geistlichen Stelle zuließ. Er sah sich genöthigt (1594), die Stelle eines Professors der Mathematik zu Grätz in Steyermark zu übernehmen. In dieser Zeit arbeitete er sein erstes Werk aus, in welchem bewiesen werden sollte, warum es nur sechs Planeten gäbe. War es auch in seinem Hauptzwecke, wie wir jetzt sagen können, gänzlich verfehlt, so beurkundete es darum nicht weniger Keppler's glänzenden Scharfsinn und seine unermüdliche Geduld im Rechnen. Mästlin nahm es mit Enthusiasmus auf, unter dessen Schutz es auch 1596 in Tübingen gedruckt wurde, Galilei, welchem Keppler ein Exemplar schickte, erkannte den ihm verwandten Geist, auch Tycho de Brahe konnte ihm seine Bewunderung nicht versagen, wiewohl ihm die Richtung widerstrebte.

Die Verfolgung der Protestanten in Steyermark, die im Jahre 1598 ausbrach, nöthigte auch ihn, sich nach einem andern Wohnsitze umzusehen. Der größte deutsche Naturforscher jener Zeit mußte die Stadt Grätz meiden, dieselbe Stadt, die in diesem Jahre (1842) die Naturforscher aus allen Theilen Deutschlands gastfreundlich bewirthet hat. Keppler befand sich in großer Verlegenheit. Von den Katholiken als Protestant verfolgt, konnte er eben so wenig hoffen, in seinem Vaterlande

eine Anstellung zu erhalten, da er auch den Tübinger Theologen nicht rechtgläubig genug war. Glücklicher Weise wurde Tycho de Brahe nicht lange darauf nach Prag gerufen (§. 45). Auf dessen Antrieb wurde auch Keppler dorthin gezogen. Nach Tycho's Tod (1601) erhielt er die Stelle als kaiserlicher Mathematiker und kam, wie ich schon erwähnt habe, in den Besitz der handschriftlichen Beobachtungen, die Tycho hinterlassen hatte. Welch herrlichen Gebrauch er davon machte, habe ich ebenfalls schon erzählt.

Seine äußere Stellung war indessen keineswegs eine sorgenfreie geworden. Zwar hatte ihm Kaiser Rudolf einen Gehalt von 1500 Gulden ausgesetzt, allein selten wurde er bezahlt, denn das Geld des Kaisers wanderte in die Küche oder vielmehr in den Beutel der Goldmacher, deren er eine große Zahl um sich hatte und deren vermeintliche Kunst, neben der Sterndeuterei, der besondere Gegenstand seiner Verehrung war. Eilf Jahre hielt es Keppler in dieser Lage aus, mit Dürftigkeit ringend und verfolgt vom schrecklichsten häuslichen Unglück. Die zahlreichen Schriften, die er in diesem Zeitraume verfaßte, brachten ihm Nichts ein, sie wurden auch nicht für's Geld geschrieben. Um sich zu erhalten mußte er, wie er sich ausdrückt, nichtswürdige Kalender schreiben, nichtswürdig nämlich, weil er sich genöthigt sah, allerlei Prophezeihungen aus den Sternen einzuweben, dem Wahne der Zeit nachgebend, in welchem damals noch sehr ausgezeichnete Männer, nicht bloß der schwache Kaiser, befangen waren, den Keppler aber, wo er konnte und durfte, bekämpfte. Ohne diese Zuthat hätten die Kalender keinen Absatz gefunden. * Es ist dies, setzt er hinzu, etwas besser als betteln.

---

* Soviel mir bekannt ist, kann sich nur Deutschland dieses Unfugs rühmen, die französischen, englischen und italienischen Kalender haben nie Prophezeihungen enthalten. Ein sehr berühmter Kalenderprophet war Leonhard Thurneisen, Kurbrandenburgischer Leibarzt von 1571 bis 1584. Er hatte eine eigene Druckerei für seine Kalender, und ungeachtet der starken Auflage, die er jedes Jahr machte, konnten niemals Liebhaber in und außerhalb Deutschlands befriedigt werden. Sobald die Kalender fertig waren, wurden sie durch eigene Boten von allen Seiten abgeholt, außerdem in's Ungarische und Böhmische und für die Polen in's Lateinische übersetzt, theils von Thurneisen selbst neu aufgelegt, theils mit und ohne seinen Willen an anderen Orten nachgedruckt. Thurneisen nahm sich übrigens nicht einmal die Mühe,

Kaiser Rudolf, der schon 1608 gezwungen worden war, seinem Bruder Mathias das Königreich Ungarn und Oesterreich ob und unter der Ens abzutreten, wollte wenigstens Böhmen seinem Vetter, dem Erzherzog Leopold, zuwenden. Zu diesem Zwecke ließ er Truppen werben. Sobald 12000 Mann zusammen sind, rücken sie in Böhmen ein und endlich bis vor Prag. Einzelne Banden dringen in die Altstadt ein, plündern und morden in der Nähe von Keppler's Wohnung. Seine Frau schon längere Zeit trübsinnig, wird vor Schrecken gefährlich krank, verfällt in Wahnsinn und stirbt im Jahre 1611. In demselben Jahre verliert er drei Kinder an den Pocken. Bekanntlich sah sich Rudolf genöthigt, zuletzt auch Böhmen seinem Bruder abzutreten. Alles verließ den hülflosen Mann, nur der ehrliche Keppler hielt bei ihm aus, bis ihn der Tod (1612) von seiner ruhmlosen Laufbahn abrief.

Rudolf's Nachfolger Mathias bestätigte zwar Keppler als kaiserlichen Mathematiker, aber damit war diesem wenig geholfen. Die Rückstände seiner Besoldung, die bei Rudolf's Tod schon über 4000 Thaler betrugen, wuchsen immer mehr an.

---

wie seine anderen Kollegen, die Prophezeihungen aus der Stellung der Gestirne nachzuweisen. Gewöhnlich bestanden sie aus kurzen Worten oder gar blos aus einzelnen Buchstaben, die er nach Belieben deuten konnte, da er alle Sprachen zu Hülfe nahm. Die Deutung gab er dann gewöhnlich im folgenden Jahre. Durch den Erfolg kühn gemacht, ließ er sich für schweres Geld von hohen Personen auch verleiten, die Auslegungen im Voraus zu geben, die aber nicht minder räthselhaft klangen. Der Administrator in Preußen, Markgraf Georg Friedrich, hatte das Glück, für 30 Thaler einen solchen Kalender mit Auslegungen für die zwei Monate Januar und Februar zu besitzen, und fand sich sehr bereit, auch die Fortsetzung gebührend zu belohnen. Der Markgraf Joachim Friedrich zu Halle bestellte 1575 einen Kalender bei Thurneisen, in welchem er so viel als möglich anmerken möchte die Sachen und Händel, so jedes Tages in ermeldetem seinem Kalender gesetzet u. s. w. welches alles und wo sich solches vornehmlich zutragen würde, er ihm vertraulich zu erkennen geben möchte. Da der Markgraf sehr geheim mit seinem Schatze that, so bestellte sich seine Frau noch einen ähnlichen Kalender extra.

Mit solchen Menschen mußte Keppler in die Schranken treten, um sich zu ernähren! Uebrigens haben sich die politischen Prophezeihungen aus den Sternen noch bis zur französischen Revolution in manchen deutschen Kalendern erhalten; der Einfluß des Zeichens, unter welchem ein Kind geboren, auf dessen Anlagen und Schicksalen, ist ja wohl noch jetzt nicht ganz daraus verschwunden.

Ohnehin konnte ihm die Umgebung des Kaisers, der ganz in den Händen der Jesuiten war, unmöglich angenehm seyn. Achtete man in ihm den großen Gelehrten, so haßte man gewiß nicht weniger den unbeugsamen Ketzer. Wohl wäre es Keppler sehr leicht gewesen, sich eine günstigere Stellung zu verschaffen, wenn er, vielleicht auch nur im Geheimen, zum katholischen Glauben übergetreten wäre. Aber seine große Seele verachtete es, mit seinen Ueberzeugungen zu feilschen. „Ich habe nicht gelernt, sagt er einmal, zu scheinen was ich nicht bin. Den Glauben behandle ich wie eine ernste Angelegenheit, nicht wie ein Spiel.“ Unter solchen Umständen mochte es dem Kaiser nicht weniger recht seyn als ihm, daß die österreichischen Stände ihm die Professur der Mathematik am Gymnasium zu Linz antrugen. Allein Keppler war eben so wenig geneigt, sich dem Glaubenszwange der protestantischen Eiferer, als den Machtgeboten der römischen Kirche zu unterwerfen. Keinem menschlichen Vorgänger, sondern nur der heiligen Schrift zu folgen, war, nach seinen eigenen Worten, sein Grundsatz. Kaum war er daher in Linz angekommen, als er zum zweiten Male erfahren mußte, daß er auch in den Augen der würtemberger Theologen für einen Ketzer galt. Ein gewisser Hizler, ein ächter Zögling der Tübinger Gottesgelehrten, schloß ihn vom Genuß des Abendmahls aus, weil er nicht unbedingt eine Formel unterschreiben wollte, in welcher die Reformirten verflucht wurden. Vergebens wandte er sich klagend an das Konsistorium zu Stuttgart; er wurde zum unbedingten Gehorsam angewiesen und erhielt obendrein den guten Rath, er sollte sich der theologischen Untersuchungen enthalten und bei seiner Mathematik bleiben.

In seiner Eigenschaft als kaiserlicher Mathematiker wohnte er im Jahre 1613 dem Reichstage zu Regensburg bei, weil der Kaiser die Absicht hatte, die evangelischen Stände zur Annahme des gregorianischen Kalenders (§. 36) zu bewegen. Doch vergebens zeigte Keppler in einem ausführlichen Gutachten das Dringliche dieser Maßregel. In demselben Jahre verheirathete sich Keppler zum zweiten Male mit einer sehr anziehenden und gebildeten Frau, die ihm zu seinen zwei Kindern aus erster Ehe noch sieben Kinder schenkte. Doch ihm war das stille Glück des häuslichen Friedens nicht beschieden; bald bedrohte ihn neues Ungemach. Seine Mutter, wie er mit ei-

ner lebhaften Einbildungskraft begabt, aber ungebildet, zugleich reichlich ausgestattet mit dem schwäbischen Hange zum Geheimnißvollen, hatte durch allerlei Sonderbarkeiten einem verworfenen Weibe Veranlassung gegeben, sie bei den Leuten in den Verdacht der Hexerei zu bringen. Man weiß, was das damals sagen wollte, wo die Hexen zu Hunderten verbrannt wurden! Das Gerede wurde zuletzt so arg, daß sich Keppler's Familie genöthigt sah, im Jahre 1615 einen Injurienprozeß anzufangen. Der Vogt, vor dem die Sache geführt werden sollte, war keineswegs geneigt sie zu betreiben. Zuletzt schlug sich gar die Gerechtigkeit auf die Seite der Spinnstuben, ein förmlicher Hexenprozeß wurde eingeleitet. Unterdessen war der Kaiser Mathias 1619 gestorben. Zwar bestätigte auch dessen Nachfolger, Ferdinand der zweite, Keppler in seinem Amte, aber Ferdinand der schon in Steyermark gegen die Protestanten gewüthet und Keppler genöthigt hatte, Grätz zu verlassen, wollte nun, auf den Thron gelangt, das Lutherthum mit aller ihm zu Gebot stehenden Macht unterdrücken. Sein Jugendfreund, der Herzog Maximilian von Baiern, rückt nach Oberösterreich, um den trotzigen protestantischen Adel zu züchtigen. Keppler muß in Linz eine Belagerung aushalten, seine Besoldung wird mit Arrest belegt, die Jesuiten verschließen seine Bibliothek. Am 24. Juli 1620 eroberten die Baiern die Stadt Linz, den 5. August wurde Keppler's 74jährige Mutter in den Kerker geworfen, deren Unschuld Keppler vergebens aus der Ferne vertheidigt hatte. Er sah sich nun genöthigt selbst nach Würtemberg zu reisen, um ihre Sache zu führen, nachdem er noch zuerst seine Familie nach Regensburg geflüchtet hatte. Auf seine Vorstellungen wurde die Gefangene aus dem kalten einsamen Kerker in die Wohnung des Gefangenwärters versetzt, doch wurden ihr zwei Hüter beigegeben, welche die blutarme Familie unterhalten mußte. Endlich, am 28. September 1621 wurde der alten Frau, um sie zum Geständniß zu bewegen, eröffnet, daß sie gefoltert werden sollte. Der Henker zeigte ihr die Marterwerkzeuge und erklärte sie umständlich. Aber sie blieb standhaft bei der Betheuerung ihrer Unschuld und so wurde sie endlich im November dieses Jahrs losgesprochen. Bald darauf entrückte sie der Tod allen irdischen Verfolgungen.

Ein ganzes Jahr hatte diese traurige Angelegenheit Kepp-

ler in Würtemberg zurückgehalten. Nach beendigtem Prozesse ging er wieder nach Linz zurück. Vielleicht, höchst wahrscheinlich sogar, hätte sein Schicksal eine bessere Wendung genommen, wäre er einem Rufe gefolgt, der nicht lange vorher an ihn ergangen war. König Jakob der erste ließ ihn nämlich nach England einladen. Allein ihm bangte vor der „engen" Insel, er fürchtete, das englische Klima möchte der Gesundheit seiner schwachen Frau und seinen zarten Kindern schaden, und die Vaterlandsliebe hielt ihn in dem unglücklichen Deutschland, welches bereits unter den Geburtswehen des 30jährigen Krieges seufzte. Auch einen Ruf an die Universität Bologna schlug er aus und gewiß mit Recht. Wie hätte der Mann, der die Denkfreiheit wie sein Leben liebte, in dem geistig geknechteten Italien zurecht kommen sollen, wo man nicht lange vorher den unglücklichen Giordano Bruno als Ketzer verbrannt hatte, wo Galilei so eben ein Verhör vor der Inquisition ausgehalten hatte, weil er es wagte das kopernikanische System zu lehren, und wo man seine eigene berühmte Schrift, die das dritte Gesetz der Planetenbewegung enthielt, aus demselben Grunde unmittelbar nach ihrem Erscheinen (1619) auf das Verzeichniß der verbotenen Bücher setzte! Der Erfolg dieser letzten Maßregel war freilich der gewöhnliche; die Schrift wurde um so eifriger gekauft und gelesen.

Unterdessen entfalteten sich die Schrecken des 30jährigen Krieges immer mehr. Im Jahr 1626 mußte Keppler abermals eine vierzehnwöchige Belagerung in Linz aushalten, welches dieses Mal von den Protestanten eingeschlossen war. Endlich kam Wallenstein zum Entsatz herbei, Linz wurde befreit, aber die Verfolgungen, welche die Protestanten auszuhalten hatten, erreichten nun auch eine solche Höhe, daß Keppler sich nicht mehr sicher glaubte. Seine Familie brachte er nach Regensburg, er selbst ging nach Ulm und vollendete hier ein Werk, an welchem er schon 25 Jahren arbeitete. Bei seiner Anstellung als kaiserlicher Mathematiker war es ihm nämlich ganz besonders zur Pflicht gemacht worden, aus den Beobachtungen Tycho's neue Planetentafeln zu berechnen, da man sich damals noch allgemein der alphonsinischen Tafeln bediente (§. 39), deren Unbrauchbarkeit gerade durch Tycho's Beobachtungen erwiesen war, oder auch der auf Kopernikus Beobachtungen gegründeten, etwas besseren prutenischen Tafeln, die jedoch

bei Mars um vier bis fünf Grad von den Beobachtungen abwichen. Tycho selbst hatte Keppler wesentlich zu dem Zwecke nach Prag gezogen, um sich seiner Hülfe bei Berechnung dieser Tafeln zu bedienen. Wie viel Fleiß nun auch Keppler nach Tycho's Tod auf diese Arbeit verwendete, er mußte sie immer unterbrechen, weil er weder für seine Gehülfen noch für den Druck die Geldmittel erlangen konnte. Bei einer Reise, die er 1624 nach Wien unternahm, setzte er es durch, daß ihm zum Behuf der nun zum Drucke bereit liegenden Tafeln 6000 Gulden auf einige Reichsstädte angewiesen wurden. Wiewohl er indessen kaum den dritten Theil erhielt, so begann er dennoch den Druck, setzte ihn in Ulm fort, und so erschienen endlich 1627 die längst erwarteten Tafeln, welche Keppler zu Ehren des Kaisers Rudolph, seines und Brahe's großmüthigen Beschützers, die rudolphinischen nannte; sie sind lange die genauesten gewesen und dienen noch gegenwärtig in mancher Beziehung als Vorbild unserer Planetentafeln.

Gegen Ende dieses Jahres ging Keppler nach Prag, erhielt hier einen Theil der Rückstände und die Erlaubniß, in die Dienste Wallensteins zu treten, welcher bekanntlich ein eifriger Verehrer der Sterndeutekunst und deßwegen auch ihrer Hülfswissenschaft, der Sternkunde, war. Zugleich wurden die weiteren noch sehr beträchtlichen Forderungen Keppler's auf die Einkünfte des Herzogthums Meklenburg angewiesen, welches Wallenstein eben erobert hatte und bald darauf damit belehnt wurde. Keppler lebte nun bei Wallenstein in Sagan, konnte aber, trotz wiederholter Bitten, die versprochenen Rückstände nicht erhalten. Um ihn einigermaßen zufrieden zu stellen, mußte ihn der akademische Senat zu Rostock, auf Wallensteins Befehl, als Professor der Mathematik dorthin berufen, aber Keppler weigerte sich, diesem Rufe zu folgen, bevor der Herzog ihm nicht die Erlaubniß des Kaisers ausgewirkt haben würde und die Rückstände berichtigt seyen. Er mißtraute dem Glücke des großartigen Abenteurers und wollte seinen Hauptschuldner, den Kaiser, nicht aus den Augen verlieren. Da Wallenstein hierauf nicht einging, blieb Keppler in Sagan und beschäftigte sich besonders mit der vom Kaiser ihm aufgetragenen Berechnung astronomischer Kalender. Doch mußte seine dortige Druckerei bald wieder stille stehen, da sich wegen der Kriegsunruhen kein Drucker nach Sagan wagte.

Auf dem merkwürdigen Reichstage zu Regensburg, auf welchem der Kaiser gezwungen wurde, Wallensteins Absetzung auszusprechen, wollte Keppler seine Ansprüche geltend machen. Krank und erschöpft von dem Wege, den er zu Pferd zurückgelegt hatte, kommt er dort an und stirbt sechs Tage darauf, am 15. November 1630, nachdem er noch den Schmerz erlebt hatte, daß sein geliebtes Würtemberg fürchterlich von den katholischen Truppen verheert worden war.

Mit Unrecht hat man Deutschland den Vorwurf gemacht, daß es einen seiner größten Söhne verhungern ließ. Keppler's Unglück lag in dem Umstande, daß er über alle Parteien erhaben, in einer Zeit lebte, wo nur im Anschluß an eine bestimmte Partei Schutz und Heil zu finden war. Die drei Kaiser, welchen er diente, waren ihm alle wohl gewogen, in ruhigen Zeiten hätte er gewiß am Hofe zu Prag ein sorgenloses Leben gefunden. Aber in einer Zeit, wo man es mehr als einmal geschehen lassen mußte, daß die Söldner plünderten und raubten, weil man kein Geld hatte sie zu bezahlen, wie konnte da ein friedlicher Gelehrter auf kräftige Unterstützung rechnen!

Man zählt mehr als vierzig Schriften Keppler's, welche sich zum größten Theile auf die Sternkunde und die Lehre vom Lichte beziehen. Interessant ist seine letzte Schrift ihrer Schicksale, wie ihres Inhalts wegen. Sie führt den Titel „ein Traum" und verbirgt unter dem Scheine einer Darstellung, wie die Mondbewohner die Erscheinungen am Himmel sehen, beißende Ausfälle auf die Ansichten seiner Zeitgenossen. Keppler starb während des Druckes, sein Schwiegersohn Bartsch, der es fortsetzen wollte, starb ebenfalls. Keppler's ältester Sohn, Ludwig, konnte nur durch die Thränen seiner hülfebedürftigen Stiefmutter bewogen werden, sich mit der Herausgabe dieser lebensgefährlichen Schrift zu befassen. Sie erschien 1634.

Staunen muß man, wie ein Mann unter solchen Drangsalen so viel und so Großes leisten konnte; um es zu begreifen, muß man aus Keppler's Schriften seine glühende Begeisterung für die Wissenschaft kennen gelernt haben. Er trug das Bewußtseyn in der Brust, daß er nicht für die Vergänglichkeit, sondern für alle Zeiten arbeitete; das erhielt ihn aufrecht und er sprach es deutlich aus, in einer Weise, die im Munde eines minder Begabten wie unmäßiger Stolz ge-

klungen hätte. So sagt er in dem Werke, welches sein drittes Gesetz enthält: „Ich schreibe jetzt dieses Buch, ob es das gegenwärtige Geschlecht lesen wird oder ein zukünftiges, das ist mir gleichgültig, es kann seinen Leser erwarten. Hat nicht Gott sechstausend Jahre einen aufmerksamen Beschauer seiner Werke erwartet?“ Und es mußte noch lange warten, bis es an Newton einen Leser fand, der seinen Werth zu schätzen wußte.

Keppler's Handschriften, für die sich kein deutscher Käufer gefunden hat, sind, nachdem sie lange an Kaufleute versetzt waren, nach Petersburg gewandert.

Neuntes Hauptstück.

51. Das Wie der Planetenbewegung war durch Keppler gefunden, aber die höhere Frage, das Warum, bemühte er sich vergebens zu lösen. Ein Jahrhundert verfloß, ehe der Mann auftrat, dem es vergönnt war, in dieses Geheimniß der Natur einzudringen. Wenn Kepplern der Versuch gänzlich mißglückte, so lag dies lediglich in dem Umstande, daß er keine klare Vorstellungen von den Grundgesetzen hatte, nach welchen die Naturkörper sich bewegen. Sein großer Zeitgenosse, Galilei, bahnte hierzu den Weg, er ist der Schöpfer der Bewegungslehre, deren Grundzüge ich nun erläutern will.

Wenn man einen Stein von einem hohen Thurme herabfallen läßt, so bemerkt man, daß er sich während des Falles nicht gleichförmig bewegt, seine Bewegung wird vielmehr immer rascher und rascher je länger der Fall dauert. Dieß ist eine so unmittelbare in die Augen fallende Thatsache, daß es kein Wunder ist, wenn sie auch schon den alten Naturforschern bekannt war. Vor Galilei scheint sich aber Niemand die Frage vorgelegt zu haben, nach welchem Gesetze sich die Geschwindigkeit des Steins während seines Falles ändert. Mehr scheint man sich mit der Frage beschäftigt zu haben, aus welchem Grunde die Bewegung eines fallenden Körpers immer rascher wird, während im Gegentheil ein Körper, der sich auf einer wagerechten Fläche fortbewegt, immer langsamer fortgeht und zuletzt liegen bleibt.

Einer der größten Denker des Alterthums, Aristoteles, hat diese Frage in einer noch vorhandenen Schrift behandelt.

Die Antwort, die er gibt, muß uns aber gegenwärtig als eine so arge Verirrung erscheinen, daß ich es nicht der Mühe werth halte, sie hier weiter auseinander zu setzen. Noch vor drei Jahrhunderten dachte man freilich ganz anders. Wer es damals wagte, sich so ungebührlich über den Meister aller Philosophen zu äußern, dessen Aussprüche man kaum geringer achtete als die Bibel, der konnte sich auf Verfolgungen aller Art gefaßt machen.

Daß schwerere Körper immer rascher fallen als leichtere, lehrte man noch gegen Ende des sechszehnten Jahrhunderts als eine ausgemachte Wahrheit, die man ebenfalls aus Aristoteles geschöpft hatte.

Man wußte, daß ein Körper, der senkrecht aufwärts geworfen wird, sich nur bis zu einer gewissen Höhe erhebt, während seine Bewegung immer langsamer wird, und daß er dann mit immer größerer Geschwindigkeit wieder senkrecht zurückfällt, Man wußte auch, daß ein solcher Körper, wenn er in schiefer Richtung in die Höhe geworfen wird, sich ebenfalls bis zu einer gewissen Höhe erhebt, während seine Geschwindigkeit immer abnimmt, und daß er dann wieder mit immer größerer Beschleunigung zurückfällt. Aber welche Bahn der Körper in diesem zweiten Falle durchläuft, darüber war man gänzlich im Unklaren, wiewohl die Beantwortung dieser Frage nicht bloß wissenschaftliche, sondern auch eine große praktische Wichtigkeit hatte, indem sie die Grundlage der Geschützkunst bildet. Schon die Alten bedienten sich bei Belagerungen gewisser Wurfmaschinen; seitdem aber die Kanonen die entscheidendste Waffe in der Kriegskunst geworden waren, erhielt die Frage, welchen Weg die abgeschossene Kugel einschlüge, eine sehr ernste Bedeutung.

In einem im Jahr 1561 erschienenen Werke behauptet noch ein deutscher Mathematiker, die Kugel steige in gerader Linie in die Höhe und falle dann senkrecht herunter. Auf diese falsche Voraussetzung gründet er eine Theorie der Geschützkunde, die natürlich zu ganz verkehrten Anwendungen führen mußte. Andere seiner Zeitgenossen nahmen an, die Kugel steige zwar zuerst in gerader Linie in die Höhe, dann aber beschriebe sie einen Bogen und fiele zuletzt senkrecht herunter.

Die Gesetze des Falles, so wie die Bewegung überhaupt, konnten unmöglich auf klare Begriffe gebracht werden, so

lange man nicht einen Grundirrthum aufgab, der zu jener Zeit noch ganz allgemein als eine Wahrheit galt und so nahe liegt, ich möchte sagen, so menschlich ist, daß er gewiß noch jetzt in den Köpfen vieler Menschen spukt, die nicht Gelegenheit gehabt haben, sich wissenschaftliche Aufklärung darüber zu verschaffen.

Die Bemerkung nämlich, daß ein auf einer wagerechten Fläche ruhender Körper, wenn er durch einen Stoß in Bewegung gesetzt wird, sich immer langsamer bewegt, bis zuletzt seine Bewegung ganz aufhört, führte leicht darauf, einen solchen Körper gleichsam wie ein lebendes Wesen anzusehen, welches durch fortgesetzte Bewegung die ihm zu Gebote stehende Muskelkraft allmählich erschöpft, matter und matter und zuletzt gezwungen wird zu ruhen. Man dachte sich, der Körper könne sich nur unter dem Einflusse einer ihn fortwährend treibenden Kraft bewegen. Durch den Stoß, glaubte man, würde ihm ein gewisser Vorrath von Bewegungsfähigkeit mitgetheilt, den er allmählich während seiner Bewegung aufzehre, und zuletzt aus Mangel an Bewegungsfähigkeit irgendwo Halt machen müsse. Auch Keppler theilte diesen Irrthum, der allen seinen Versuchen, die Bewegung der Himmelskörper zu erklären, zu Grunde liegt.

52. Der Erste, der das Richtige aussprach und damit den Grund zur ganzen Bewegungslehre legte, war Galilei. Er lehrte daß ein Körper, welcher durch einen Stoß in Bewegung gesetzt wird, wenn er nicht ein äußeres Hinderniß zu überwinden hat, sich ohne Ende gleichmäßig fortbewegt. Bemerken wir nämlich, daß ein Körper, der sich auf einer Fläche fortbewegt, nicht bloß allmählich eine schwächere Bewegung annimmt, sondern zuletzt diese Bewegung ganz verliert, so liegt dieß nur an Umständen, die nicht in ihm, sondern außerhalb desselben zu suchen sind. Ein solcher Umstand ist namentlich die Reibung. Je unebener die Fläche ist, über welche der Körper weggehen soll, desto mehr wird er in seiner Bewegung gehemmt; dauert die Hemmung fort, so wird die Bewegung immer mehr geschwächt, und muß zuletzt ganz aufhören. Je glatter die Fläche ist, desto länger wird der Körper auf derselben fortgehen. Eine Kugel z. B., die durch einen Stoß in Bewegung gesetzt, im Sande nur wenige Zolle fortrollt, wird vermöge desselben Stoßes auf einer Eisfläche viele Fuß weit

fortrollen. Je glatter die Kugel, je glatter die Unterlage ist, desto länger wird die Bewegung dauern. Ein anderes Hinderniß liegt in der den Körper umgebenden Luft, die er verdrängen muß um vorwärts zu kommen; auch dieser Umstand vermindert seine Bewegung, und kann sie zuletzt ganz aufheben.

Diese und ähnliche Erscheinungen berechtigen uns es als allgemeines Naturgesetz anzunehmen, daß die Körper, die einmal einen Stoß nach irgend einer Richtung erhalten haben, sobald kein Hinderniß vorhanden ist, diese Bewegung auch unabänderlich beibehalten, so daß ein Körper, welcher unter solchen Umständen in der ersten Sekunde seiner Bewegung eine bestimmte Strecke durchläuft, in jeder folgenden Sekunde eine eben so große Strecke durchlaufen und dabei immer dieselbe Richtung verfolgen wird. Die Bewegung dieses Körpers wird, wie man sich ausdrückt, eine gleichförmige seyn.

53. Da die fallenden Körper immer schneller fallen, sobald kein Hinderniß störend einwirkt, so ist nach dem Vorhergehenden klar, daß die Fallbewegung eine Bewegung anderer Art ist, als diejenige, welche der Körper in Folge eines Stoßes annimmt. Um aber ihre Beschaffenheit zu erkennen, war es vor Allem erforderlich, das nachzuholen, was man seit Jahrtausenden versäumt hatte, nämlich die Erfahrung darüber zu befragen, in welcher Weise sich die Fallbewegung, von der gleichförmigen Bewegung, die ein Stoß erzeugt, unterscheidet. Dieß war der zweite große Schritt, den Galilei that.

Er fand folgendes merkwürdige Gesetz: Wenn keine Hindernisse entgegentreten, so verhalten sich die Räume, welche der fallende Körper in verschiedenen, vom Anfang der Bewegung an gerechneten Zeiten durchläuft, wie die Quadratzahlen (§. 49) dieser Zeiten. Zählen wir z. B. die Zeit nach Sekunden und durchläuft der fallende Körper in der ersten Sekunde 15 Fuß, so durchläuft er in zwei Sekunden nicht zweimal 15 Fuß, wie es geschähe, wenn er von einem Stoße getrieben würde, sondern vielmehr viermal 15 Fuß; in drei Sekunden durchläuft er neunmal 15 Fuß, in vier Sekunden 16mal 15 Fuß u. s. w.

Zergliedern wir diesen Erfahrungssatz, so führt er uns

auf eine höchst merkwürdige Folgerung. Ich habe beispielsweise den Raum, welchen der Körper in der ersten Sekunde durchläuft, zu 15 Fuß angenommen, was nahe mit der Erfahrung übereinstimmt. Nennen wir aber einmal, um uns allgemeiner auszudrücken, den Raum, welchen der Körper in der ersten Sekunde durchläuft, die Raumeinheit, so durchläuft er also in zwei Sekunden vier Raumeinheiten, in drei Sekunden neun Raumeinheiten, in vier Sekunden 16 Raumeinheiten, in fünf Sekunden 25 Raumeinheiten u. s. w. Während er mithin in der ersten Sekunde eine Raumeinheit durchläuft, durchläuft er in der zweiten Sekunde drei Raumeinheiten, in der dritten fünf Raumeinheiten, in der vierten Sekunde sieben Raumeinheiten, in der fünften neun Raumeinheiten u. s. w.

Setzen wir die Zeiten in eine Reihe und die während derselben durchlaufenen Räume darunter, so haben wir

1te Sek.	2te Sek.	3te Sek.	4te Sek.	5te Sek.
1	3	5	7	9

Ziehen wir jede dieser Zahlen (1, 3, 5, 7, 9 u. s. w.) von der nächstfolgenden ab, so finden wir, daß jede folgende um 2 größer ist als die vorhergehende, so weit wir auch die Zahlen fortsetzen. In jeder Sekunde werden also zwei Raumeinheiten mehr beschrieben als in der vorhergehenden.

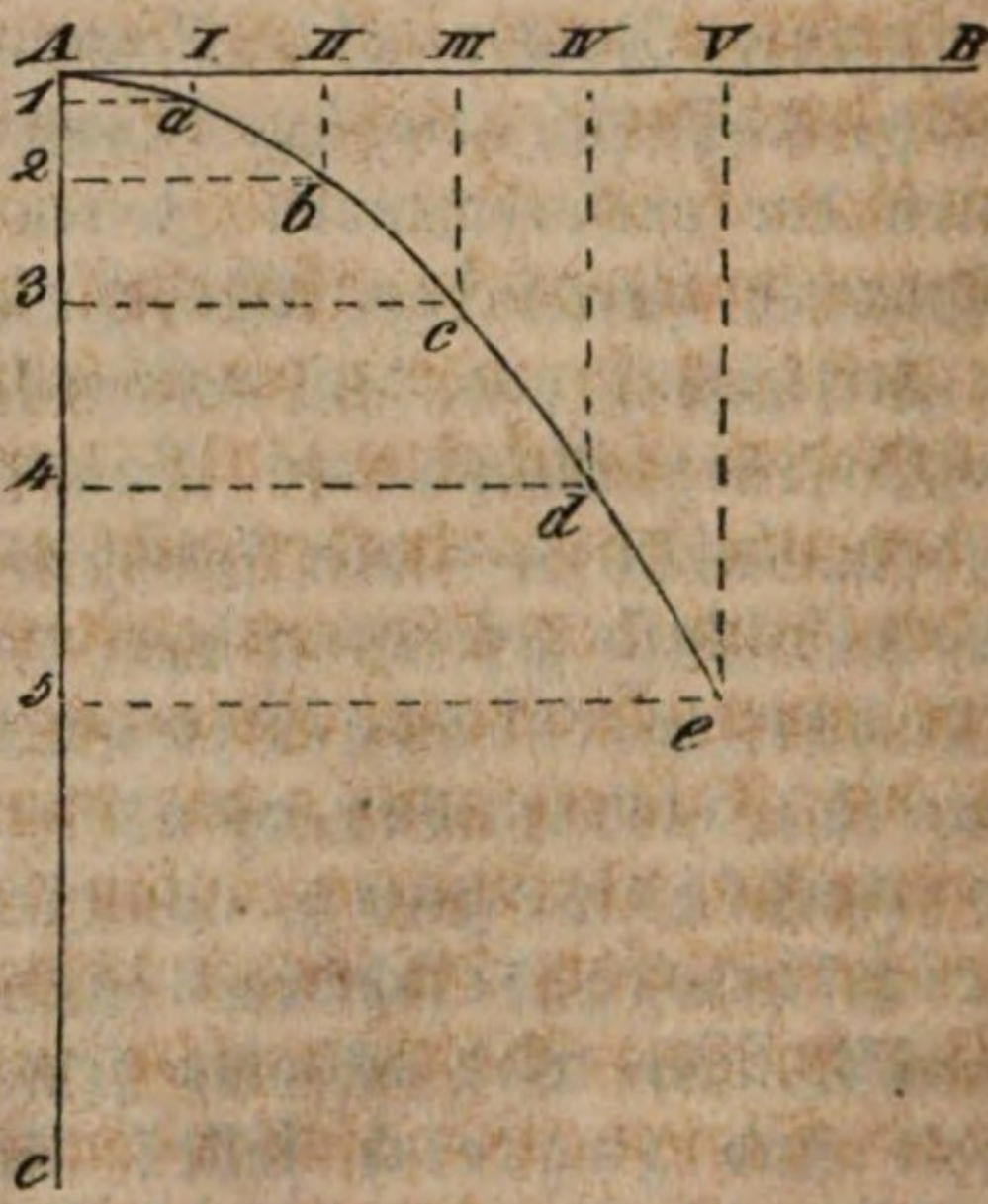
Es war aber ganz willkührlich, daß wir die Sekunde als Zeiteinheit und den in der ersten Sekunde durchlaufenen Raum als Raumeinheit annehmen. Denn das Gesetz, daß sich die durchlaufenen Räume wie die Quadratzahlen der entsprechenden Zeiten verhalten, spricht von keiner bestimmten Zeiteinheit. Wir hätten daher auch jede andere Zeit als Zeiteinheit und den während der ersten solchen Zeiteinheit durchlaufenen Raum als Raumeinheit annehmen können, und würden, indem wir den früheren Gedankengang wiederholten, zu dem Schlusse gekommen seyn, daß ein fallender Körper in jeder Zeiteinheit zwei Raumeinheiten mehr beschreibt als in der vorhergehenden. Daher sagt man: die Fallbewegung ist (keine gleichförmige aber) eine gleichförmig beschleunigte.

54. Wie wird es aber seyn, wenn ein Körper einen Stoß erhält und zugleich fällt? Auf welche Weise wird sich die gleichförmige Bewegung, die der Stoß erzeugt, mit der Fall-

bewegung vereinigen? werden sie sich wechselseitig hindern oder verstärken? Die Erfahrung antwortet hierauf: Zwei Bewegungen behalten, wenn sie zusammentreten, noch immer dieselbe Stärke, wie wenn jede allein wäre; jede arbeitet für sich, wie wenn die andere gar nicht vorhanden wäre. Läßt man einen Körper von einem Thurme herabfallen und gibt ihm zugleich einen Stoß nach derselben Richtung, in welcher er fällt, so wird der Raum, den er nun durchläuft, die Summe der Räume seyn, die er vermöge des Falles allein und des Stoßes allein durchlaufen haben würde. Wirft man dagegen einen Körper senkrecht in die Höhe, so werden sich nun der Stoß, der ihn aufwärts treibt, und die Fallbewegung die ihn abwärts treibt, in entgegengesetzter Richtung arbeiten.

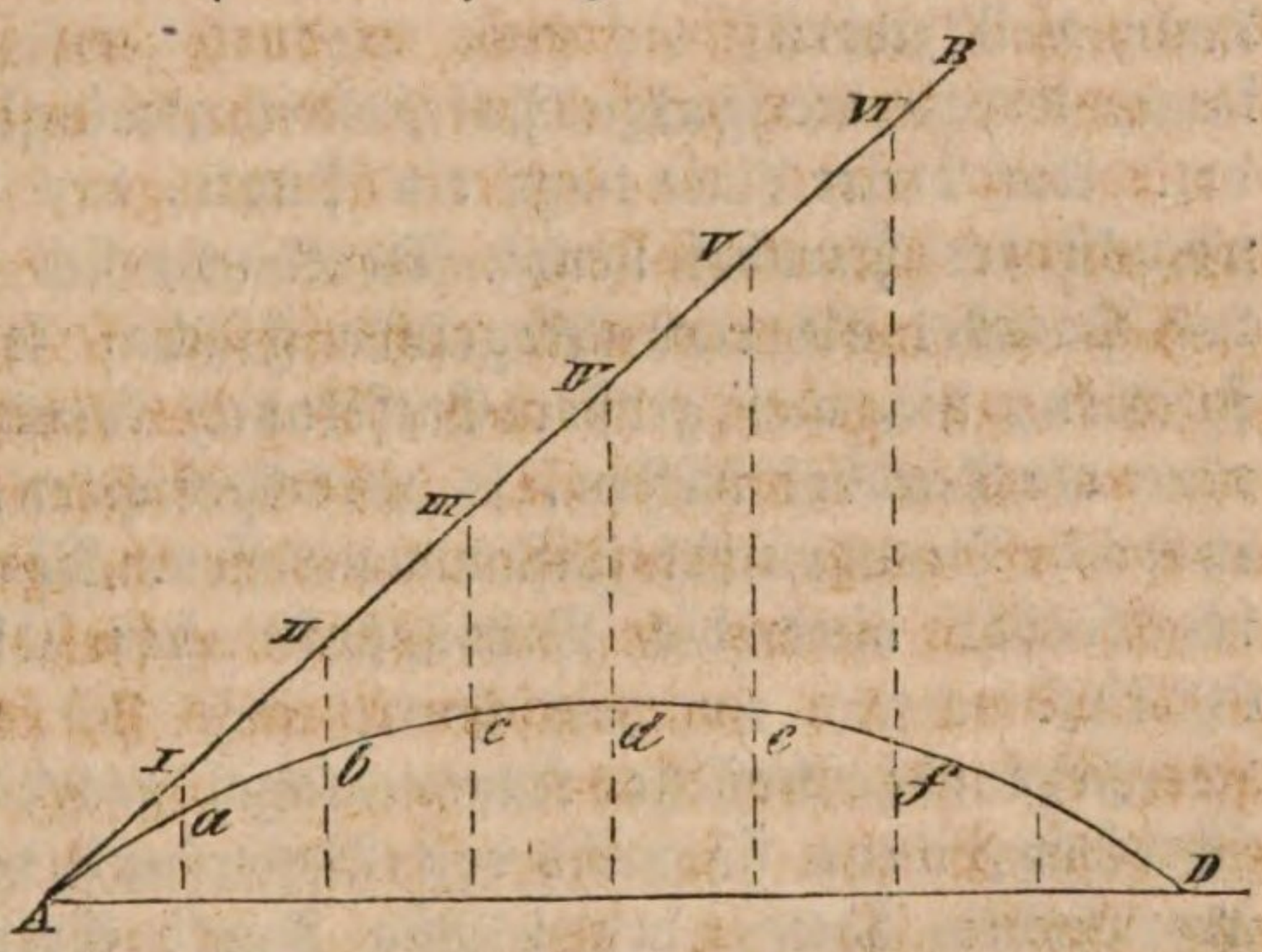
Der Körper wird also nur so lange steigen, als die Geschwindigkeit, die ihm den Stoß ertheilt, noch die andere Geschwindigkeit übertrifft, welche er durch den Fall erlangt. Da aber letztere immer größer wird, während erstere dieselbe bleibt, so wird am Ende die letztere überwiegen, und der Körper wird wieder herunterfallen.

55. Es wird nun auch nicht schwer seyn, sich davon Rechenschaft zu geben, welchen Weg der Körper nehmen muß, wenn er einen Stoß erhält, dessen Richtung nicht mit der der Fallbewegung übereinstimmt, oder ihr gerade entgegengesetzt ist. Man nehme an, der Körper erhielte einen Stoß nach der Richtung der wagerechten Linie A B, so daß er in der ersten Sekunde den Raum von dem Punkte A bis zum Punkte I, in der zweiten den gleich großen Raum von I bis II, in der dritten wieder den gleich großen Raum von II bis III durchlaufen würde u. s. w. Auf der Linie A C zeichne man die Räume, die er auf derselben vermöge der Fallbewegung allein durchlaufen müßte. In der ersten Sekunde fiele er von A bis I, in der zweiten durch den



dreimal so großen Raum von 1 bis 2, in der dritten durch den fünfmal so großen Raum von 2 bis 3 u. s. w. Aus dem Zusammenwirken des Stoßes und der Fallbewegung wird sich nun Folgendes ergeben. Während der Stoß in der ersten Sekunde den Körper von A nach I treibt, ist dieser zugleich um so viel, als der Raum von A bis 1 beträgt, gefallen; wenn daher die Linie I a so groß wie die Linie A 1 ist, so muß der Körper sich am Ende der ersten Sekunde in a befinden; am Ende der zweiten wird er in b seyn, wenn die Linie II b so groß wie die Linie A 2 ist; und unter entsprechenden Voraussetzungen wird er am Ende der dritten Sekunde in c, am Ende der vierten in d u. s. w. seyn. Da hierbei Stoß und Fall ohne Unterbrechung zusammenwirken, so beschreibt der Körper nothwendig die krumme Linie Aabcde, indem er nie ein und dieselbe Richtung beibehält.

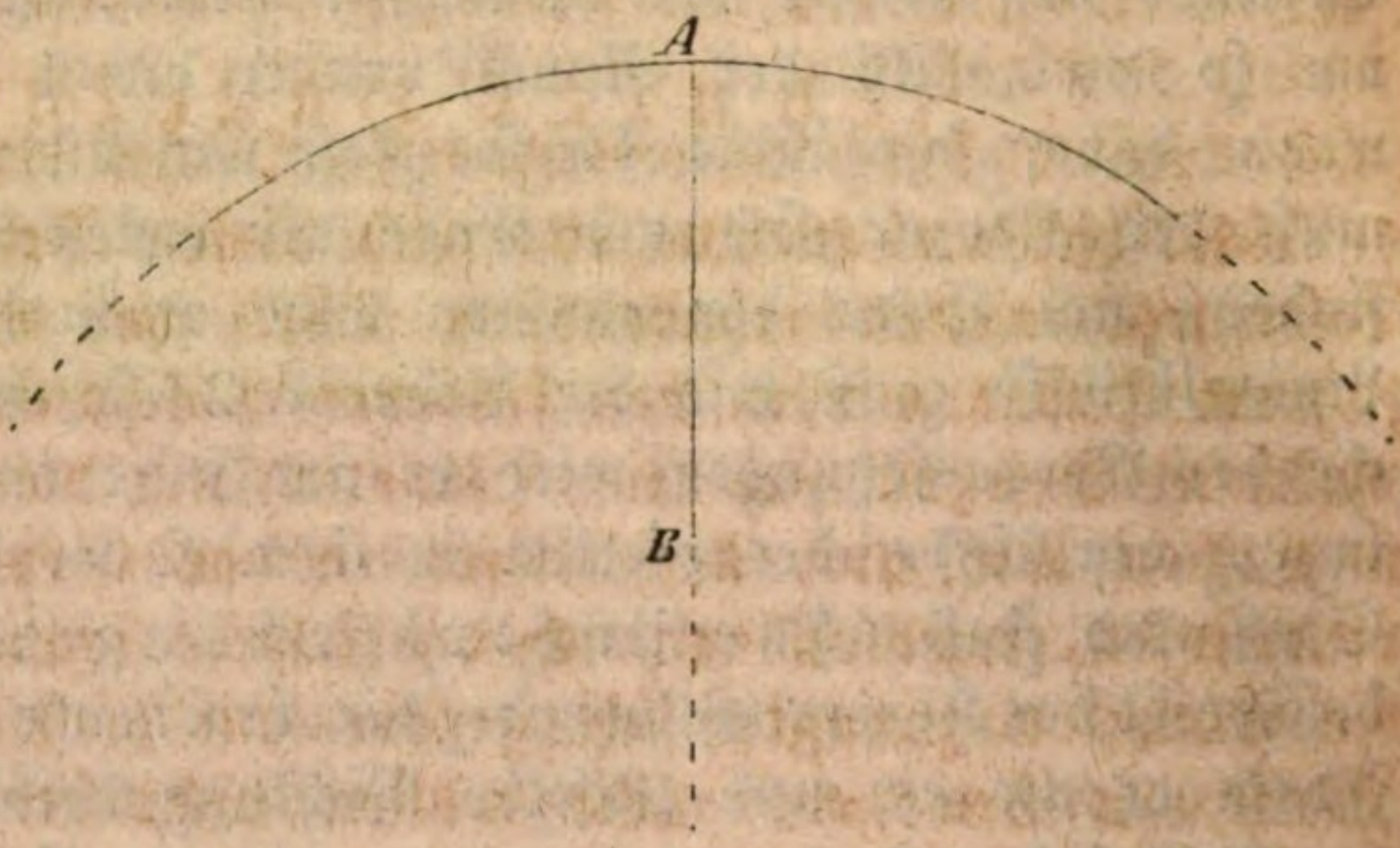
Aehnlich verhält es sich, wenn der Körper nach der Richtung der Linie AB in die Höhe geworfen wird, so daß er vermöge des ihm mitgetheilten Stoßes nach der ersten Sekunde in I, nach der zweiten in II u. s. w. ankommen würde.



In Wahrheit wird er nach der ersten Sekunde nicht in I sondern in a seyn, weil er während dieser Zeit um das Stück I a fällt; aus demselben Grunde ist er nach der zweiten Sekunde nicht in II sondern in b. Verfolgt man den Lauf des Körpers weiter, so sieht man, daß er zuerst in einer krummen Linie in die Höhe steigt, und dann, wenn die Fallbewegung, die immer stärker wird, die Wurfbewegung zu überwiegen anfängt, in dieser krummen Bahn wieder herabsteigt, bis er in D den Boden berührt.

Die krumme Linie, welche hier durch das Zusammenwirken des Stoßes und Falles entsteht, ist, wie Galilei zuerst fand, eine Linie, deren geometrische Eigenschaften schon die

griechischen Mathematiker untersucht hatten und die sie eine Parabel nannten. Sie ist nicht, wie die Ellipse, eine in sich selbst zurücklaufende Linie, sondern an der einen Seite offen, so daß sie hier in zwei Zweigen unbegränzt fortgeht, wie die nebenstehende Zeichnung es veranschaulicht. Die zwei Zweige, die im Punkt A, welchen man die Spitze nennt, zusammentreffen, sind ganz gleich gebildet, so daß man eine gerade Linie A B ziehen kann, welche die ganze Parabel in zwei gleiche Hälften scheidet. Auf dieser Linie liegt ein Punkt, den man den Brennpunkt der Parabel nennt. Denkt man sich nämlich das Innere der Parabel als eine spiegelnde Fläche, so werden alle Lichtstrahlen, die, aus großer Entfernung kommend, auf das Innere der Parabel treffen, so zurückgeworfen, daß sie sämmtlich in dem Brennpunkte zusammentreffen. Man vergleiche, was ich früher über die Brennpunkte der Ellipse gesagt habe. (§. 18).



Jede abgeschossene Kanonenkugel würde eine Parabel beschreiben, wenn sie nicht den Widerstand der Luft (§. 52) zu überwinden hätte; der höchste Punkt ihrer Bahn würde die Spitze der Parabel seyn. Der Widerstand der Luft ändert aber, was auch Galilei nicht entging, die Gestalt der Bahn bedeutend ab, und man hat sich vielfach damit beschäftigt, diese Abweichung genauer zu bestimmen. Die krumme Linie wird in ihrem ganzen Laufe sichtbar, wenn man einen Wasserstrahl mit Gewalt aus einer Oeffnung heraustreibt, wie dieß bei Pumpen und Spritzen der Fall ist.

Der Widerstand der Luft ist auch die wahre Ursache, daß schwere Körper häufig schneller fallen als leichte, eine Bleikugel z. B. schneller als eine Feder. Die Feder, die im Verhältnisse zu ihrem geringen Gewichte, einen großen Raum einnimmt, kann nämlich die in diesem Raume enthaltene Luft

nicht so leicht verdrängen als die Kugel. Im luftleeren Raume dagegen, wie man ihn mit Hülfe einer Luftpumpe erzeugen kann, fallen beide Körper gleich schnell.

Zehntes Hauptstück.

56. Ich unternehme es, nach diesen Vorbereitungen, den Leser jetzt in den erhabendsten Theil der Sternkunde einzuführen. Haben wir in den früheren Abschnitten erfahren, nach welchen Gesetzen sich die Planeten um die Sonne bewegen, so wollen wir nun noch tiefer in das Geheimniß der Natur eindringen, wir wollen auch die Ursache kennen lernen, welche die Planeten zwingt, sich gerade auf diese und keine andere Weise zu bewegen. Wir wollen nicht bei der äußeren Erscheinung stehen bleiben, sondern auch die Mittel kennen lernen, welche die Natur anwendet, diese Erscheinungen hervorzubringen.

Kein Theil der Sternkunde erheischt, um völlig verstanden zu werden, so viel mathematische Vorkenntnisse als dieser, welchen man bezeichnend die Mechanik des Himmels zu nennen pflegt. Ich muß daher in diesem Abschnitte noch mehr als in den vorhergehenden darauf verzichten, dem Leser von allen Einzelnheiten strenge Rechenschaft zu geben. Aber wenn irgendwo, so wird sich ihm gewiß hier mit unwiderstehlicher Macht die Ueberzeugung aufdrängen, daß eine Lehre, welche die scheinbar entlegensten Erscheinungen auf eine einzige einfache Ursache zurückführt und vollständig daraus erklärt, nur Wahrheit seyn kann.

57. Galilei's Entdeckung der Gesetze des Falles war der erste große Schritt, welchen die Naturlehre seit Jahrtausenden gemacht hatte. Hier war es an einem bestimmten Beispiele, an der Bahn eines geworfenen Körpers, klar geworden, wie eine krummlinige Bewegung aus dem Zusammenwirken zweier Bewegungen entspringt. Es war natürlich daß man bald auf den Gedanken kam, daß sich vielleicht auch die krummlinige Bewegung der Planeten um die Sonne auf ähnliche Weise erklären ließe. Wiewohl sich nun mehre ausgezeichnete Männer, die auf Galilei folgten, mit diesem Gedanken beschäftigten, so gelang es doch erst Newton ihn zur Wahrheit zu erheben.

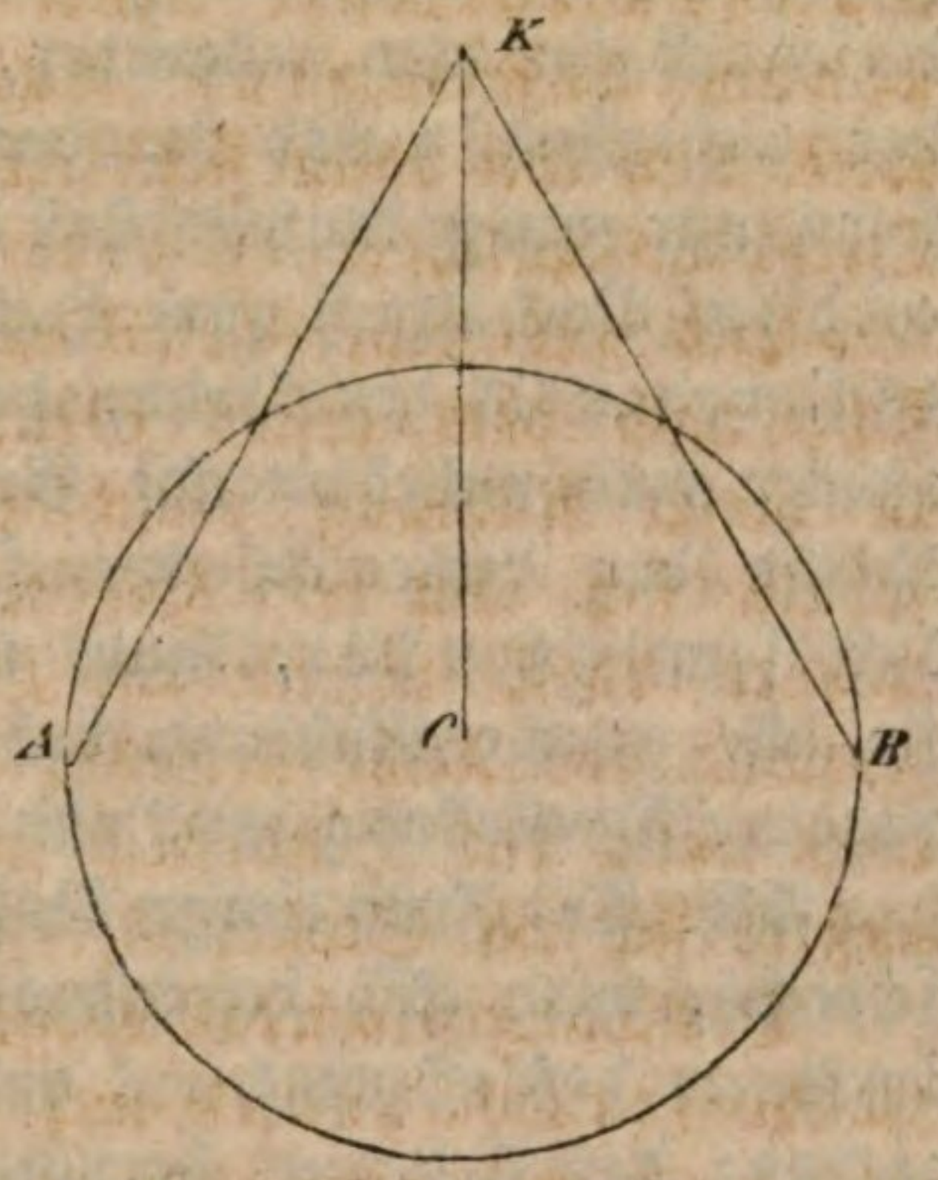
Wie wir im Allgemeinen jede Wirkung auf eine sie erzeugende Ursache zurück führen, so setzen wir auch bei jeder Bewegung eine Ursache voraus, die wir in diesem Falle eine Kraft nennen. In diesem Sinne sagt man, daß ein Körper so lange im Zustand der Ruhe bleibt, als nicht eine Kraft auf ihn einwirkt.

Unter den Kräften unterscheidet man zwei Arten: Eine Tangentialkraft nennt man die Kraft, welche nur in einem bestimmten Augenblicke auf den Körper einwirkt und ihn dann sich selbst überläßt, ihn dadurch von dem Orte, an welchem er ruht, mit einer gewissen Geschwindigkeit und nach einer gewissen Richtung fort treibt, so daß er sich, nach dem ersten Grundgesetze der Bewegung (§. 52), in dieser Richtung gleichförmig und unbegränzt fortbewegt, sobald sich ihm kein Hinderniß entgegensetzt. Wird aber der Körper durch irgend ein Hinderniß aufgehalten und in den Zustand der Ruhe versetzt, so beharrt er in diesem Zustande, auch wenn das Hinderniß aufhört. Eine solche Tangentialkraft äußert sich im Stoße.

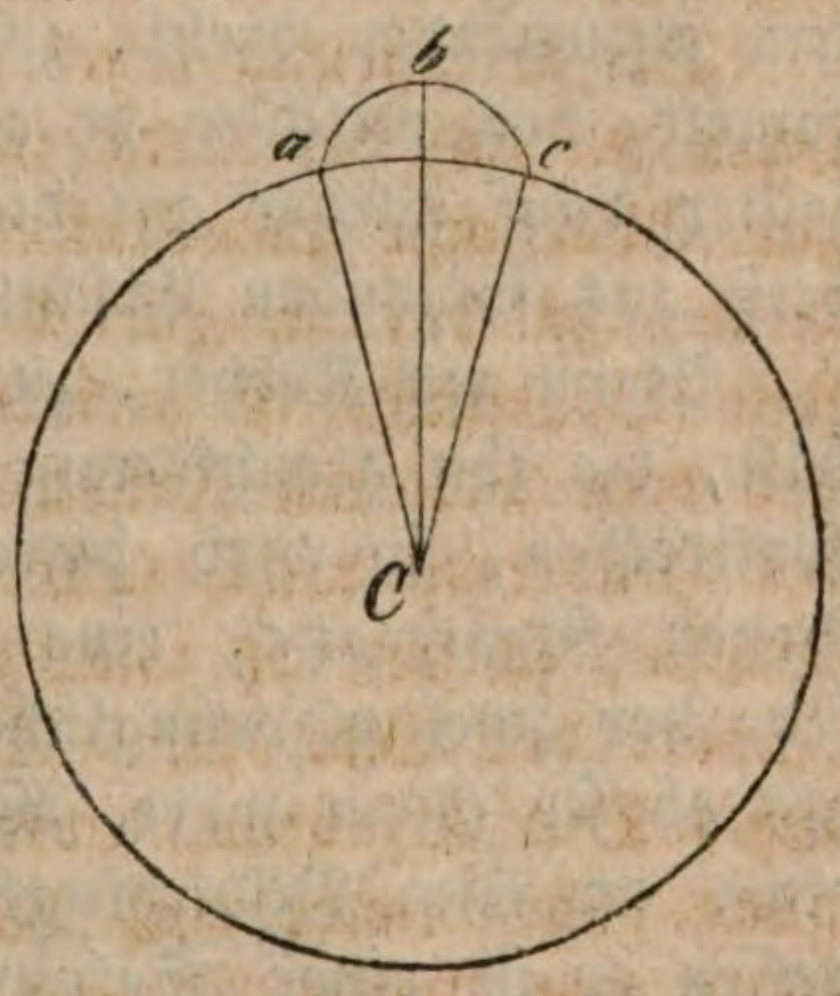
Der Tangentialkraft entgegengesetzt ist die Centralkraft, welche fortwährend auf den Körper einwirkt, und ihn immer nach einem bestimmten Orte hintreibt. Durch ein Hinderniß kann der Körper nur so lange abgehalten werden der Centralkraft zu folgen, als dieses Hinderniß dauert, sobald es entfernt ist, wird die fortdauernde Einwirkung der Centralkraft wieder sichtbar, indem der Körper sogleich seine Bewegung fortsetzt. Eine solche Centralkraft ist jene Kraft, die sich beim Fallen der Körper äußert.

Die Erfahrung lehrt uns nämlich, daß die Körper, welche irgendwo auf der Erde in die Höhe geworfen werden, wieder zur Oberfläche zurückfallen. Ist es aber die Oberfläche der Erde, zu der sie zurück zu kehren streben? Keineswegs; die feste Oberfläche ist vielmehr ein Hinderniß, welches den Körper vom weiteren Fallen abhält; findet aber der Körper dieses Hinderniß nicht, fällt er statt auf den festen Boden in eine Grube, so setzt er seine Fallbewegung fort und dringt in das Innere der Erde ein. Wohin strebt also der Körper eigentlich? Die Erfahrung antwortet: die Richtung der Fallbewegung geht immer nach dem Mittelpunkt der Erde hin, abgesehen von kleinen Abweichungen die uns hier gleichgültig sind.

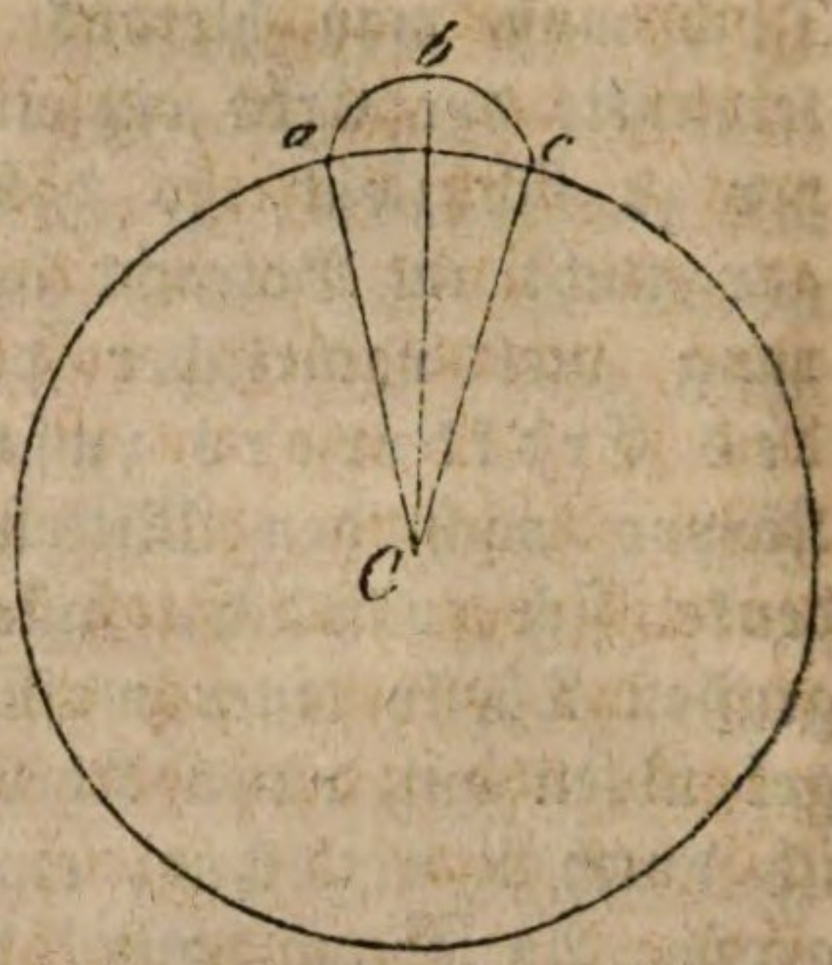
Doch muß man hieraus nicht schließen, daß gerade im Mittelpunkte der Erde ein unbekanntes Etwas ist, was den Körper zu sich zieht, so daß der ganze übrige Erdkörper hierbei gar nicht in Betracht käme. Vielmehr läßt sich die Erscheinung viel natürlicher dadurch erklären, daß alle Theile des Erdkörpers zusammen wirken, um den fallenden Körper nach den Mittelpunkt der Erde hin zu ziehen. Man denke sich nämlich, alle gleich großen Theile einer massiven Kugel übten auf einen Körper, den ich durch K bezeichne, eine gleich große Anziehung aus, so muß der Körper K sich nothwendig in der Linie K C fortbewegen, die nach dem Mittelpunkte hingeht. Denn die Theile der Kugel, welche in dieser Linie liegen, ziehen ohne Weiteres nach dieser Richtung; einem jeden Theile A der Kugel, welcher auf der einen Seite dieser Linie liegt und daher den Körper nach der Richtung K A zu ziehen strebt, die mit der Linie K C einen gewissen Winkel einschließt, entspricht aber ein Theil B der Kugel, welcher ihn eben so stark auf der andern Seite nach K B unter einem gleichen Winkel gegen K C zieht. Der Körper K muß also zwischen diesen zwei Richtungen K A und K B genau die Mitte halten, d. h. er muß sich in der Linie K C bewegen.



Nehmen wir daher an, daß alle Theile der fast kugelförmigen Erde (§. 1) den fallenden Körper anziehen, und daß die anziehenden Theile der Erde, deren Inneres wir freilich nicht kennen, gleichmäßig vertheilt sind, so folgt daraus von selbst, daß der Körper nach dem Mittelpunkte der Erde hin fallen muß.



Ein geworfener Körper, welcher die Bahn a b c durchläuft (§. 55),



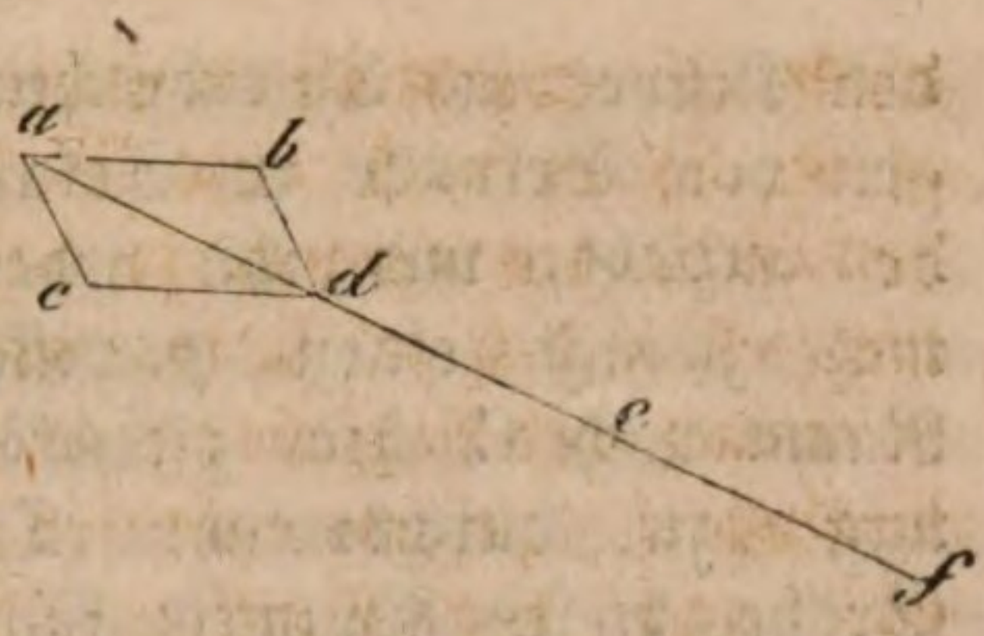
wird also eigentlich in jedem Punkte dieser Bahn nach dem Mittelpunkte der Erde hingezogen, so daß die Linie a C, b C u. s. w. welche die Richtung der Anziehung angeben, in Wahrheit zusammenlaufen, indem alle nach dem Punkte C hingehen. Weil aber die Entfernung der Punkte dieser Bahn von einander, selbst der äußersten a und c, doch höchstens nur einige tausend Fuß beträgt, also im Verhältniß zum Halbmesser (a C und c C) der Erde, der 860 Meilen beträgt (§. 8), immer eine unbedeutende Größe ist, so wird das Zusammenlaufen der Linie an der Oberfläche der Erde nicht merklich seyn (§. 12), und man kann daher annehmen, daß sie alle gleiche Richtung haben. Auf dieser Voraussetzung beruht die Darstellung der Bahn eines geworfenen Körpers in §. 55.

58. Die krumlinige Bahn, die ein geworfener Körper beschreibt, wird also durch das Zusammenwirken einer Tangentialkraft — des Stoßes — und einer Centralkraft — der Anziehung der Erde — hervorgebracht. Bei dem bestimmten Gesetze, nach welchem hier die Centralkraft wirkt (§. 53), wird diese Bahn eine Parabel; aber sie würde eine andere werden, sobald die Centralkraft nach einem andern Gesetze wirkte.

Es ist nicht schwer einzusehen, daß die Centrifugalkraft und Tangentialkraft auf mannigfache Weise auch so zusammen wirken können, daß der bewegte Körper, indem er sich um den anziehenden dreht, zuletzt wieder in demselben Punkte ankommt, von welchem er ausgegangen war, und von da aus seinen Lauf wieder auf dieselbe Weise fortsetzt. Vielleicht wird dieß aus folgenden Erläuterungen noch deutlicher werden.

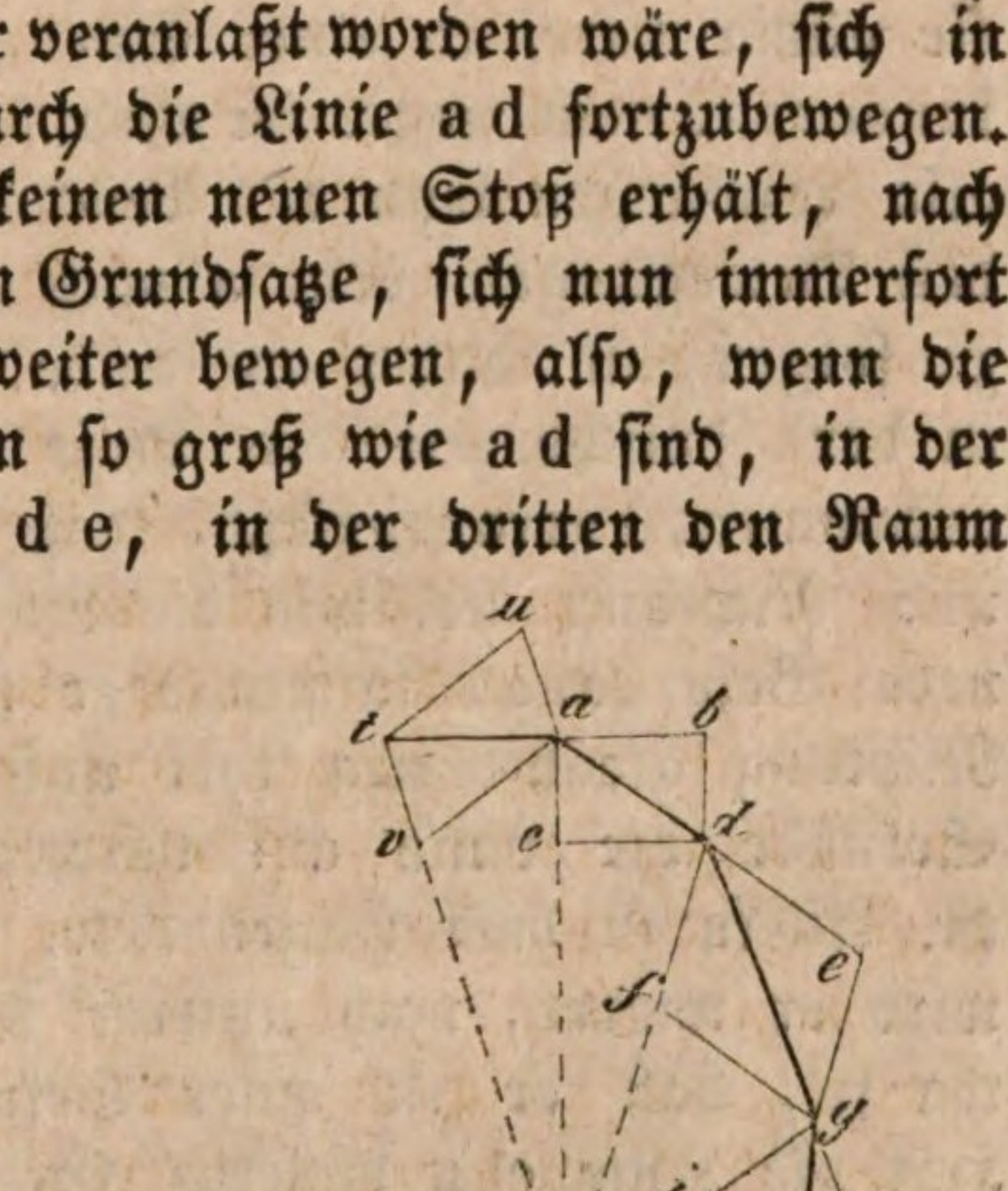
Wenn ein Körper, zu gleicher Zeit, zwei Bewegungen erhält, die ihn gleichförmig aber nach verschiedenen Richtungen forttreiben, so wird hieraus, nach dem im §. 54 ausgesprochenen Grundsatze, eine Bewegung entspringen, zu welcher jede der zwei ursprünglichen Bewegungen eben so viel beiträgt, als ob sie allein wäre. Wenn z. B. der Körper — man denke etwa an eine Billardkugel — einen Stoß erhält, in Folge dessen er in einer Sekunde von a nach b gehen würde, zu-

gleich aber noch einen zweiten Stoß, der ihn in derselben Zeit von a nach c triebe, so würde er am Ende der Sekunde in d seyn, vorausgesetzt, daß die Linie b d so groß wie a c ist und dieselbe Richtung hat. Während

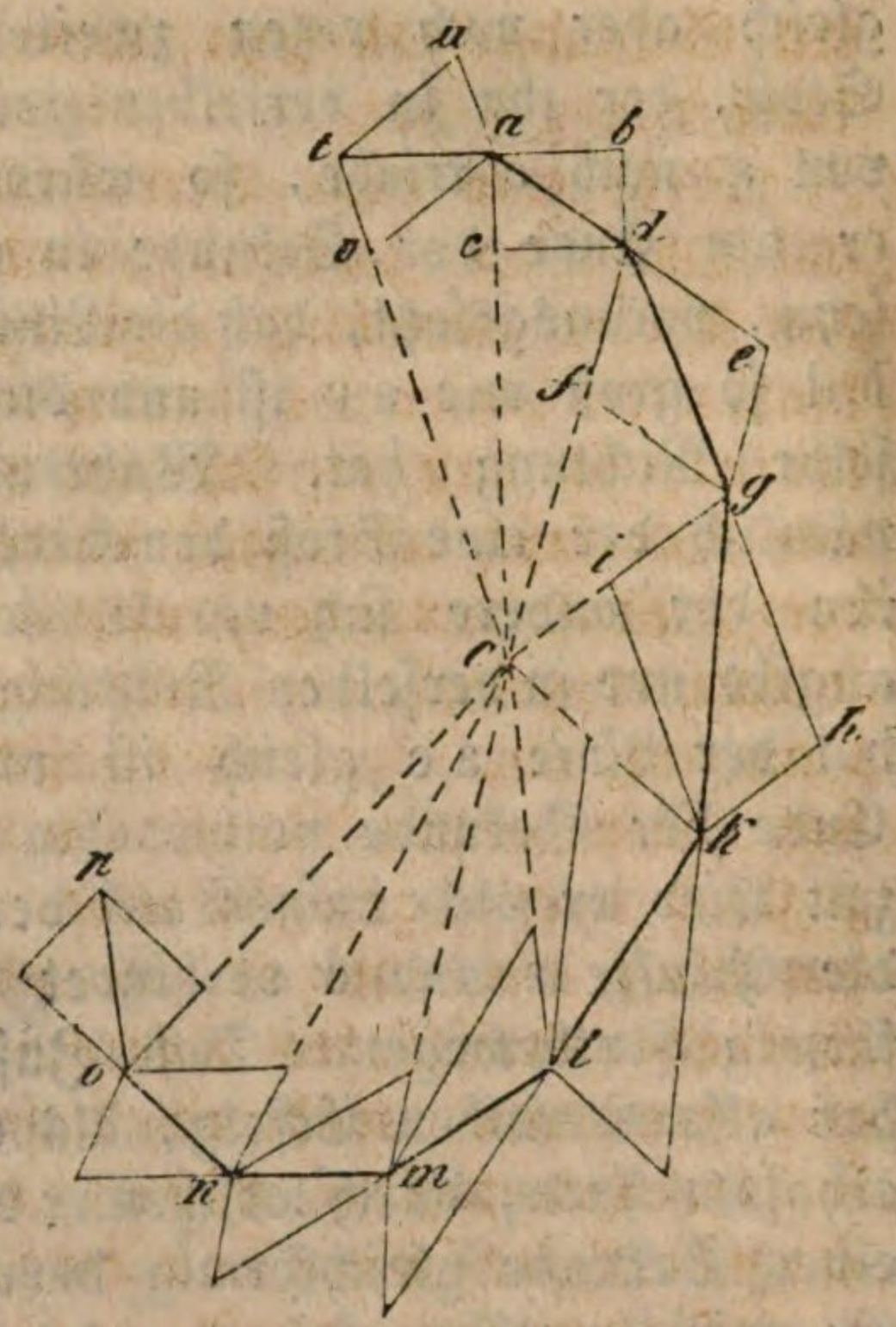


nämlich der eine Stoß den Körper von a nach b treibt, zwingt ihn der andere sich um so viel zu senken, als die Linie a c angibt und in derselben Richtung, er muß also, sobald die Linie b d der Linie a c gleich ist und dieselbe Richtung hat, am Ende der Sekunde nothwendig in d seyn. In der Zwischenzeit wird er aber immer auf der geraden Linie bleiben, welche die Punkte a und d verbindet und sich auf derselben gleichförmig fortbewegen. Das Zusammenwirken der zwei Stöße hat also denselben Erfolg, als ob der Körper nur einen Stoß erhalten hätte, durch welchen er veranlaßt worden wäre, sich in einer Sekunde gleichförmig durch die Linie a d fortzubewegen. Er wird mithin, sofern er keinen neuen Stoß erhält, nach dem im §. 52 ausgesprochenen Grundsatze, sich nun immerfort auf dieser Linie gleichförmig weiter bewegen, also, wenn die Linie d e, e f u. s. w. einzeln so groß wie a d sind, in der zweiten Sekunde den Raum d e, in der dritten den Raum e f u. s. w. durchlaufen.

Man denke sich nun einen andern Fall: Ein Körper soll einen Stoß erhalten, vermöge dessen er in einer Sekunde von a nach b ginge. Außerdem werde er aber noch durch eine Centralkraft nach dem Punkte C hingezogen; jedoch wollen wir, zur Vereinfachung der Betrachtung, anfangs annehmen, daß diese Centralkraft nicht, wie es sonst der Fall ist, fortwährend wirkt (§. 57), vielmehr soll sie sich ebenfalls nur stoßweise äußern, so daß sie etwa



den Körper in Unterbrechungen von Sekunde zu Sekunde anzieht, und ihn jedesmal zwingt einen gewissen Raum nach C hin gleichförmig zu durchlaufen. Die Größe dieses Raumes kann, nach irgend einem bestimmten Gesetze, von der Entfernung des Körpers vom Punkte C abhängen.

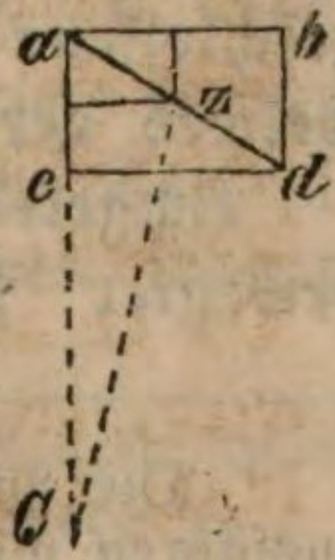


Diese Centralkraft wirke zuerst in demselben Augenblicke, in welchem der Körper den Stoß von a nach b erhält, und zwar so, daß sie ihn, wenn sie allein wäre, in einer Sekunde von a nach c zöge. Er wird also gezwungen seyn den beiden Bewegungen von a nach b und von a nach c zugleich zu folgen, und daher am Ende der ersten Sekunde, indem er in der Zwischenzeit die Linie a d durchläuft, im Punkte d ankommen, vorausgesetzt, daß die Linie b d dieselbe Größe und Richtung hat wie die Linie a c. Erhielte er nun keine neue Bewegung, so ginge er in der einmal eingeschlagenen Richtung gleichförmig fort und würde daher in der zweiten Sekunde die Linie d e durchlaufen, die so groß wie a d ist. Allein in dem Augenblicke, in welchem er in d ankommt, wird er wieder, nach unserer Annahme, zu C hingezogen, etwa so, daß er in einer Sekunde den Raum d f durchliefe. Hat die Linie e g dieselbe Größe und Richtung wie d f, so wird er daher am Ende der zweiten Sekunde, indem er in der Zwischenzeit die Linie d g durchläuft, im Punkte g ankommen. Von nun an würde er, sich selbst überlassen, auf dieser Linie fortgehen, also nach der dritten Sekunde in h ankommen, wenn die Linie g h so groß wie die Linie d g ist. Da er am Ende der zweiten Sekunde wieder nach C gezogen wird, etwa so, daß er in dieser Richtung während einer Sekunde den Raum g i durchliefe, so wird er am Ende der drit-

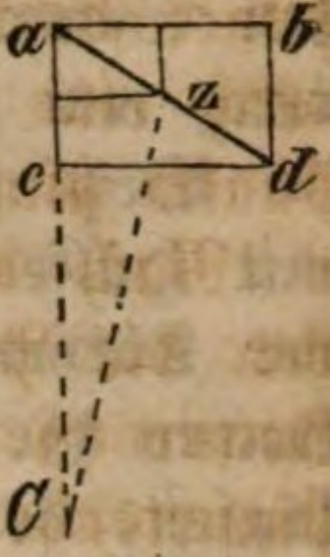
ten Sekunde in k seyn, wenn h k dieselbe Größe und Richtung wie g i hat.

Setzt man diese Betrachtung fort, so kann man sich leicht, mit Hülfe der Zeichnung, eine Vorstellung davon machen, wie der Körper allmählich gezwungen wird, in den folgenden Sekunden die Linien k l, l m, m n, n o, o p und so fort zu durchlaufen, so daß er sich um den Punkt C herum bewegt und, wie man sieht, allmählich wieder aufwärts gehen, sich also wieder seinem Ausgangspunkte a nähern kann. Auf diese Weise komme er zuletzt, am Ende einer gewissen Anzahl Sekunden, in t an und zwar so, daß er, sich selbst überlassen, in der nächsten Sekunde den Raum t u durchlaufen würde. Da er aber zugleich nach C gezogen wird, so kann die Richtung und Größe der Linie t v, die er, vermöge dieser Anziehung, in einer Sekunde durchlaufen würde, so beschaffen seyn, daß er gezwungen wird, während dieser Zeit die Linie t a zu durchlaufen und mithin eine geschlossene Bahn um den Punkt C beschrieben hat, da er wieder in dem Punkte a, von dem er ausging, angekommen ist. Wenn nun noch außerdem die Linie t a mit der Linie a b in eine Richtung fällt, und eben so groß wie diese Linie ist, so muß sich der Körper nothwendig unaufhörlich in derselben geschlossenen Bahn um C bewegen. Denn in a angekommen, würde er nun, sich selbst überlassen, in der Richtung der Linie t a fortgehen und in der nächsten Sekunde ein ihr gleich großes Stück, also die Linie a b durchlaufen; zugleich würde er aber wieder in derselben Zeit nach a c gezogen, also wäre Alles wie im Anfange und es müßten sich daher auch dieselben Erscheinungen wiederholen.

Die Linien a d, d g u. s. w. die der Körper jedesmal, so lange er in einer Richtung ungestört fortgeht, beschreibt, werden natürlich desto kleiner, in je kürzeren Zwischenräumen die Anziehungskraft ihre Wirkung äußert. Ich habe Zwischenräume von einer Sekunde angenommen, hätte aber die Anziehungskraft den Körper schon nach der ersten halben Sekunde wieder angezogen, so wäre er schon nach dieser Zeit gezwungen gewesen, wieder eine neue Richtung einzuschlagen; er würde also nicht die Linie a d durchlaufen, sondern vielmehr, wenn a z die Hälfte von a d ist, diese Linie a z. Im



Punkte z angekommen würde er dann gezwungen werden eine neue Richtung einzuschlagen.



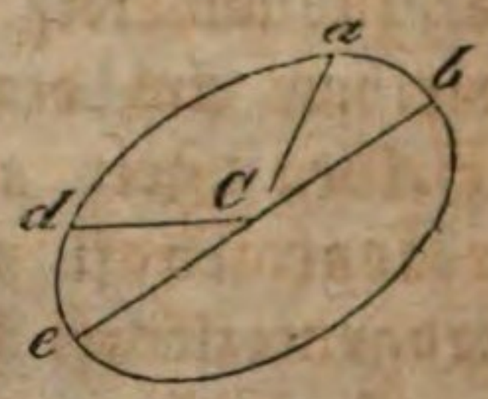
Wirkt nun endlich die Anziehungskraft, wie es in Wahrheit der Fall ist, ohne Unterbrechung, so wird der Körper auch nie die Freiheit haben, eine, wenn auch noch so kurze, Zeit in derselben Richtung zu verharren, er wird unaufhörlich gezwungen werden andere Richtungen einzuschlagen, mit anderen Worten: er wird gezwungen, sich in einer krummen Linie zu bewegen.

Auf diese Weise sieht man, wie das Zusammenwirken einer Tangentialkraft und einer Centrifugalkraft einen Körper zwingen kann, unaufhörlich dieselbe geschlossene krumme Bahn um den anziehenden Punkt zu beschreiben.

39. Wie muß aber dieses Zusammenwirken beschaffen seyn, daß es gerade eine solche Bahn erzeugt, wie sie die Planeten um die Sonne beschreiben? mit anderen Worten: eine Bahn, bei welcher die drei Keppler'schen Gesetze hervortreten?

Durch Newton haben wir hierüber folgende Aufschlüsse erhalten; sie beruhen auf drei Sätzen, die er streng mathematisch bewiesen hat.

Erstens: Wenn ein Punkt von einer Tangentialkraft und zugleich von einer Centralkraft getrieben wird, welche letztere ihn fortwährend nach einem bestimmten Punkte (z. B. nach dem Mittelpunkte einer Kugel) zu ziehen strebt, so wird der angezogene Punkt, nach welchem Gesetze auch die Centralkraft wirken mag, immer in gleichen Zeiten gleiche Flächen um den anziehenden Punkt beschreiben. Das heißt wenn z. B. unter den angegebenen Umständen a b e d die Bahn bezeichnet, welche um den Punkt C beschrieben wird, und der angezogene Punkt den Bogen a b in derselben Zeit durchläuft, wie den Bogen d e, so wird auch das von dem Bogen a b und den zwei Linien C a und C b eingeschlossene Flächenstück genau eben so groß seyn, wie dasjenige, welches der Bogen d e mit der Linie C d und C e einschließt.



Umgekehrt kann man immer aus dem Umstande, daß ein bewegter Punkt in gleichen Zeiten gleiche Flächen um einen

---

* Die Planeten sind nämlich sämmtlich, wie ich später noch weiter ausführen werde, kugelförmige oder fast kugelförmige Körper.

Punkt beschreibt, mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß er durch eine Centralkraft, nach irgend einem Gesetze, zu jenem Punkte hingezogen wird.

Nach dem zweiten Keppler'schen Gesetze beschreiben nun aber die Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächen um die Sonne (§. 48). Dieß veranlaßt uns daher, den Ursprung der Planetenbewegung auf folgende Weise zu erklären. Der Planet oder besser gesagt dessen Mittelpunkt* ist einmal durch eine Tangentialkraft, nennen wir sie einen Stoß, nach irgend einer Richtung getrieben worden. Er wurde aber zugleich nach dem Mittelpunkte der Sonne hingezogen, ähnlich wie der fallende Stein nach dem Mittelpunkte der Erde hingezogen wird (§. 57), Unter diesen Umständen muß er nothwendig eine Bahn beschreiben, bei welcher das zweite Kepp'lersche Gesetz hervortritt. Aber warum beschreibt er gerade eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht (§. 47)? er könnte ja, je nachdem die Anziehung der Sonne beschaffen wäre, die mannigfaltigsten Bahnen beschreiben. Hierüber gibt ein zweiter Satz Aufschluß.

60. Zweitens: Wenn dieselben Voraussetzungen wie im ersten Satze beibehalten werden, so kann der bewegte Punkt nur dann eine Ellipse beschreiben, in deren einem Brennpunkte der anziehende Punkt steht, wenn die Anziehungskraft im Verhältnisse des Quadrates (§. 49) der Entfernung des anziehenden Punktes vom angezogenen abnimmt, d. h. wenn die Anziehungskraft so beschaffen ist, daß der angezogene Punkt bei einer gewissen Entfernung vom anziehenden gezwungen wird, sich diesem in einer bestimmten Zeit um ein Bestimmtes zu nähern, bei zweifacher Entfernung in derselben Zeit aber nur um den vierten Theil, bei dreifacher Entfernung in derselben Zeit nur um den neunten Theil u. s. w. Sobald die Centralkraft nicht nach diesem Gesetze wirkt, so kann die Tangentialkraft beschaffen seyn, wie man will, nie wird durch ihre Verbindung mit der Centralkraft eine elliptische Bahn erzeugt werden, in deren einem Brennpunkte der anziehende Punkt steht.

Diesen Satz darf man aber nicht umkehren. Nicht immer wird die Bahn eine solche Ellipse seyn, wenn die Centralkraft mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, es können

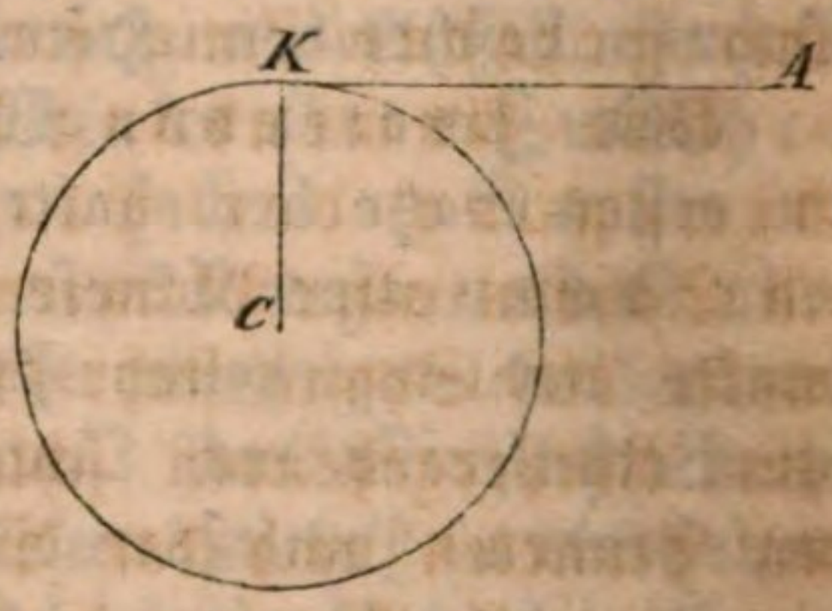
---

* Die Planeten sind nämlich sämmtlich, wie ich später noch weite ausführen werde, kugelförmige oder fast kugelförmige Körper.

vielmehr, je nachdem das Verhältniß zwischen der Stärke der Tangentialkraft und der Centralkraft ein anderes ist, vier verschiedene krumme Linien, und nur diese, in der Form der Bahn hervortreten, nämlich der Kreis, die Ellipse, die Parabel und die Hyperbel. Die letztere krumme Linie, die früher noch nicht vorkam, wird auch in der Folge kein besonderes Interesse für uns haben; ich bemerke daher bloß, daß auch sie, wie die Parabel, nur an einer Seite geschlossen ist, an der anderen dagegen in zwei Zweigen unbegränzt fortläuft und daß es auch für sie einen Punkt gibt, den man den Brennpunkt nennt (§. 55.)

Ist die Bahn ein Kreis, so steht der anziehende Punkt im Mittelpunkt des Kreises. Ist die Bahn eine Ellipse, so steht er in einem der zwei Brennpunkte; ist sie eine Parabel oder eine Hyperbel, so steht er im Brennpunkte dieser Linien.

Nur in einem höchst seltenen Falle kann die Bahn ein Kreis werden, nur dann nämlich, wenn die Richtung K A, in welcher der angezogene Punkt ursprünglich von der Tangentialkraft fortgetrieben wurde, senkrecht auf der Richtung K C steht, in welcher er zu gleicher Zeit nach dem anziehenden Punkte C getrieben wurde, und wenn außerdem die Geschwindigkeit, welche die Tangentialkraft dem Punkte mittheilt, genau so groß ist, wie eine gewisse Geschwindigkeit, die von der Entfernung K C und der Stärke der Anziehung abhängt. Ist jene Geschwindigkeit aber kleiner, wenn auch um noch so wenig, als diese, oder bis zu einer gewissen Gränze, die man genau bestimmen kann, größer, so entsteht eine Ellipse. Wächst dagegen jene Geschwindigkeit über diese Gränze hinaus, so entsteht nach Umständen eine Parabel oder eine Hyperbel.



War die Richtung K A nicht senkrecht auf K C, so mußte eine Ellipse entstehen, sobald die Stärke der Tangentialkraft nicht über eine gewisse Gränze hinausging; dagegen, wenn sie größer war, wieder nach Umständen eine Parabel oder eine Hyperbel.

Faßt man dieß zusammen, so sieht man, daß die Bahn

nur dann eine geschlossene Linie, Kreis oder Ellipse ist, wenn die Geschwindigkeit, welche die Tangentialkraft dem angezogenen Punkte mitgetheilt hat, innerhalb einer gewissen Gränze bleibt. Sobald aber die Geschwindigkeit, welche ihm die Tangentialkraft mittheilt, sehr groß wird und zwar so groß, daß er sich gleich im Anfang sehr schnell vom anziehenden Punkte entfernt, so kann es sich ereignen, daß die Anziehungskraft nicht mehr hinreicht, ihn wieder zurück zu ziehen. In diesem Falle wird er also auf keine geschlossene Linie um den Anziehungspunkt beschreiben können, er wird in einer Parabel oder Hyperbel fortgehen, und sich immer weiter vom Anziehungspunkte entfernen. Die Anziehungskraft wird sich jedoch noch immer darin äußern, daß der angezogene Punkt eine krumme Linie beschreibt, daß er also noch immer fortwährend aus der Richtung, die er einschlagen will, abgelenkt wird, während er, wenn die Anziehungskraft ganz aufhörte, mithin nur noch die Wirkung der Tangentialkraft bliebe, in einer geraden Linie fortgehen würde (§. 52).

Die Anwendung dieser Betrachtungen auf die Bewegung der Planeten ist nun leicht gemacht. Da die Bahnen aller Planeten Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht (§. 47), so müssen wir hieraus nach dem Vorhergehenden schließen, daß die Centralkraft, welche den Planeten nach der Sonne treibt (§. 59), mit dem Quadrate der Entfernung des Planeten von dem Mittelpunkte der Sonne abnimmt. Unter dieser Voraussetzung hätten möglicher Weise die Bahnen der Planeten eine der vier erwähnten Linien werden können; daß die Bahnen Ellipsen wurden, beweist, daß die Stärke der Tangentialkraft welche hierbei obwaltete, nicht über eine gewisse Gränze hinausging. Die Gestalt der Ellipse, in der sich der Planet bewegt, ob sie nämlich mehr oder weniger gestreckt ausfiel (§. 18), hing dann noch davon ab, ob die Tangentialkraft so stark war, daß sie den Planeten mehr oder weniger von der Sonne entfernen konnte. Die Bahnen der meisten Planeten, wie namentlich die der Erde, wurden aber fast kreisförmig.

61. Aus dem Vorhergehenden erklärt sich die Bewegung eines jeden einzelnen Planeten für sich genommen, aber es ist daraus noch kein Zusammenhang zwischen den Bewegungen der verschiedenen Planeten zu erkennen, während

ein solcher in dem dritten Keppler'schen Gesetze (§. 49) klar ausgesprochen ist. Dieser ergibt sich nun aus einem anderen Satze, den Newton gefunden hat und welcher so lautet:

Drittens: Wenn verschiedene Punkte durch Tangentialkräfte getrieben und zugleich alle durch eine Centralkraft nach einem und demselben Punkte hingezogen werden, und es sind die hieraus entstehenden Bahnen Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, so werden sich die Quadrate der Umlaufszeiten der angezogenen Punkte wie die Cubikzahlen der großen Axen ihrer Bahnen verhalten, sobald die Stärke der Anziehung einzig und allein von der Entfernung der angezogenen Punkte abhängt, und zwar mit dem Quadrate dieser Entfernung abnimmt; so daß also die verschiedenen Punkte, wenn sie gleichweit vom Anziehungspunkte abstehen, auch gleich stark angezogen werden, dagegen ein Punkt, der zweimal oder dreimal u. s. w. entfernter vom Anziehungspunkte ist, als ein anderer, viermal oder neunmal u. s. w. schwächer angezogen wird als der andere.

Dieß berechtigt uns anzunehmen, daß die Anziehungskraft, welche die Sonne auf die Planeten ausübt, nicht bloß, wie wir schon früher gesagt haben, bei einem und demselben Planeten mit dem Quadrate seiner Entfernung von der Sonne abnimmt, sondern daß auch ein Planet, der zwei oder dreimal u. s. w. weiter von der Sonne entfernt wäre als ein anderer, viermal oder neunmal u. s. w. schwächer angezogen würde, während zwei Planeten, die sich in gleicher Entfernung von der Sonne befänden, auch mit gleicher Kraft von ihr angezogen würden. Das dritte Keppler'sche Gesetz ist alsdann eine unmittelbare nothwendige Folge dieser Annahme.

Die Anziehungskraft der Sonne ist also ein gemeinsames Band, welches alle Planeten umschlingt. Es ist ein und dieselbe Kraft, die sie alle in ihren Bahnen erhält; daß sie auf einen Planeten stärker einwirkt als auf den anderen, daß sie den einen rascher bewegt als den anderen, liegt nicht in der Beschaffenheit der Planeten, nicht etwa darin, daß der eine seiner Natur nach stärker zur Sonne hingezogen würde als der andere, es hängt dieß vielmehr lediglich von seiner Entfernung ab. Hätte z. B. die Erde dieselbe Entfernung von der Sonne, wie der Planet Jupiter, so würde sie auch mit derselben Kraft wie dieser angezogen. Die Ver-

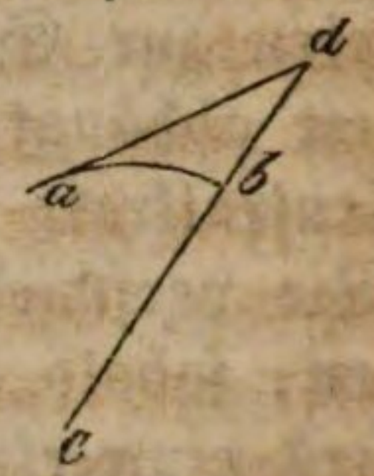
schiedenheit, welche etwa in den Stoffen liegen mag, aus welchen diese zwei Planeten zusammengesetzt sind, hat durchaus keinen Einfluß auf die Stärke der Anziehung.

62. Wie die Wirkung der Centralkraft, welche die Planeten zur Sonne zieht, nicht von deren besonderen Beschaffenheit abhängt, so findet dieses auf gleiche Weise auch bei der Centralkraft statt, welche die fallenden Körper zur Erde treibt. Wie verschieden auch diese Körper ihrem Stoffe nach seyn mögen, sobald kein Hinderniß da ist, welches auf den einen anders einwirkt als auf den andern (§. 52), so fallen sie, bei gleicher Entfernung von der Erde, auch gleich schnell. Die Anziehungskraft der Erde äußert sich auch nicht bloß an der Oberfläche, sondern noch auf den größten Höhen die wir erreichen können; auch auf der Spitze der höchsten Berge fällt ein Stein, den wir in die Höhe werfen, wieder zur Erde zurück.

Sollte sie nicht auch noch in größeren Entfernungen wirksam seyn? Der Mond beschreibt eine Ellipse um die Erde, die in dem einen Brennpunkte dieser Ellipse steht (§. 33); hieraus schließen wir, daß der Mond durch eine Centralkraft, welche mit dem Quadrate seiner Entfernung von der Erde abnimmt, zur Erde getrieben wird (§. 60). Sollte diese Centralkraft nicht einerlei seyn mit der Centralkraft, welche den fallenden Körper treibt? sollte nicht auch der Mond das Bestreben haben, nach dem Mittelpunkte der Erde hin zu fallen, und nur durch die Tangentialkraft, die einmal auf ihn einwirkte, davon abgehalten werden? Diese Frage, an die Niemand früher gedacht hatte, legte sich zuerst Newton vor und beantwortete sie auch sogleich.

Ich habe früher gesagt, daß der mittlere Abstand des Mondes von der Erde, oder genauer gesprochen, vom Mittelpunkte der Erde, 51,800 Meilen beträgt; setzen wir dafür in runder Zahl 60 Halbmesser der Erde, da ja ein Halbmesser 860 Meilen beträgt (§. 8). An der Oberfläche der Erde, d. h. in einer Entfernung von ihrem Mittelpunkte, die einen Halbmesser beträgt, fällt ein Körper in einer Sekunde durch 15 Fuß; nimmt man nun an, daß die Anziehungskraft mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so muß der Körper, der 60 Erdhalbmesser vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, in einer Sekunde nur durch den 3600 Theil von 15 Fuß fallen (da 60 mal 60 so viel wie 3600 ist). Ob

dieß nun beim Monde der Fall ist, kann man auf folgende Weise bestimmen. Die Beschaffenheit der Mondesbahn ist vollkommen bekannt, wir wissen also auch durch welchen Raum sich der Mond in einer bestimmten Zeit bewegt. Nehmen wir daher an, daß der Bogen a b den Theil der Bahn bezeichnet, welchen er, bei seinem mittleren Abstande vom Mittelpunkte c der Erde, in einer Sekunde durchläuft, so können wir sagen: im Punkte a strebt der Mond in einer bestimmten Richtung und mit einer gewissen Geschwindigkeit (die sich genau berechnen lassen) fort zu gehen. Wenn, in dem Augenblicke, in welchem der Mond im Punkte a ankommt, die Anziehungskraft der Erde plötzlich aufhörte, wenn also keine Centralkraft mehr auf ihn einwirkte, so würde er von nun an in dieser Richtung und mit dieser Geschwindigkeit fortgehen, er würde z. B. in der geraden Linie a d in einer Sekunde von a bis d kommen. Statt dessen ist er, weil die Anziehungskraft der Erde wirklich fortwährend auf ihn eingewirkt hat, nach einer Sekunde im Punkte b angekommen; er ist also in dieser Zeit von der Anziehungskraft durch den Raum d b getrieben worden, d. h. er ist um so viel nach der Erde hin gefallen. Berechnet man nun die Größe dieses Raumes, so findet man, daß er in der That den 3600 Theil von 15 Fuß beträgt.



Hierin liegt denn also ein klarer Beweis für die Richtigkeit der Annahme, daß die Centralkraft, welche den Mond zur Erde zieht, keine andere ist, als die Kraft, welche die von der Erde losgetrennten Theile wieder zu ihr zurücktreibt. Die Anziehungskraft, welche die Erde auf die fallenden Körper ausübt, nennt man gewöhnlich die Schwerkraft und man kann daher unsere Behauptung auch so ausdrücken: der Mond wird durch die Schwerkraft zur Erde getrieben.

Das Vorhergehende setzt uns zugleich in den Stand, das Gesetz, welches wir beim Falle der Körper gefunden haben (§. 53), noch genauer zu erörtern. Da wir durch den Lauf des Mondes die Ueberzeugung erlangt haben, daß die Schwerkraft mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so folgt daraus, daß die fallenden Körper nicht in allen Höhen mit gleicher Schnelligkeit zu fallen anfangen. Steht es fest, daß

ein Körper an der Oberfläche der Erde in der ersten Sekunde durch 15 Fuß fällt, so muß er, wenn er z. B. eine Meile über dieser Oberfläche zu fallen anfängt, in derselben Zeit durch einen kleineren Raum fallen, weil dort die Anziehung schwächer ist. Indessen wird der Unterschied selbst dann noch (und eine Meile ist die ungefähr größte Höhe, welche wir bis jetzt über dem Erdboden erreichen können) nur wenig betragen. Denn dort ist man 861 Meilen von deren Mittelpunkt entfernt; die Anziehungskraft in dieser Höhe wird daher mit der Anziehungskraft, die an der Oberfläche ausgeübt wird, verglichen, in demselben Verhältniß kleiner werden, in welchem das Quadrat von 861 größer ist als das Quadrat von 860; dieß gibt eine Verminderung von ungefähr 23 Zehntausendstel, * so daß also selbst bei dieser Entfernung die Abnahme der Anziehungskraft nur wenig beträgt. Um so mehr ist man berechtigt bei der Annahme stehen zu bleiben, daß ein Körper, den wir werfen, in den verschiedenen Höhen, die er während seines Laufes erreicht, überall gleich stark von der Anziehungskraft getrieben werde, da die Unterschiede wirklich ganz unmerklich sind. Die Anziehungskraft der Erde kann also in diesem Falle als eine unveränderliche, oder, wie man sich ausdrückt, als eine beständige betrachtet werden, während sie in Wahrheit eine mit der Entfernung des angezogenen Körpers sich verändernde ist. Man kann aber durch sehr einfache mathematische Schlüsse nachweisen, daß, wenn ein Körper durch eine beständige und fortwährend auf ihn einwirkende Kraft getrieben wird, die Räume, die er in verschiedenen (vom Anfange der Bewegung an gerechneten) Zeiten durchläuft, sich nothwendig wie die Quadratzahlen dieser Zeiten verhalten müssen. Dieß erklärt also das in §. 53 angegebene Gesetz des Falles.

63. Da es Newton gelungen war, zwei scheinbar so verschiedene Dinge, wie die Bewegung des Mondes und den Fall der Körper, auf eine und dieselbe Ursache, die Schwerkraft, zurück zu führen, so lag der Gedanke nahe, daß auch diejenige Centralkraft, welche die Planeten zur Sonne treibt,

---

* Leser, die mit der Dezimalrechnung bekannt sind, werden dieß leicht finden, wenn sie bemerken, daß das Quadrat von 861 durch das Quadrat von 860 dividirt so viel heißt als 741321 dividirt durch 739600; dieß gibt 1,0023.

mit der Schwerkraft einerlei seyn könnte. Von der andern Seite schienen freilich die meisten Thatsachen dieser Vermuthung zu widersprechen. Wenn sich nämlich die Wirkung der Schwerkraft über die Entfernung des Mondes hinaus, etwa bis zur Sonne erstrecken sollte, so müßte sich ja die Sonne nach der Erde und nicht die Erde nach der Sonne hin bewegen; ebenso müßten die Planeten von der Erde, und nicht von der Sonne angezogen werden. Wie kommt es, daß die Erde gewisse Körper wie den Mond und ihre eigenen losgetrennten Theile anzieht, während die Sonne wieder die Erde und die übrigen Planeten zu sich zieht? Sollte man nicht hieraus schließen, daß, der Mond eine besondere Verwandtschaft zur Erde, die Planeten eine besondere Verwandtschaft zur Sonne haben?

Hierauf antwortet Newton: Es gibt in unserem ganzen Sonnensysteme nur eine und dieselbe Anziehungskraft, die überall nach denselben Gesetzen wirkt. Dieselbe Kraft, die ein Sandkörnchen zur Erde treibt, treibt auch die Planeten zur Sonne, die irdische Schwerkraft ist nur eine besondere Aeußerung dieser Anziehungskraft, die man die allgemeine Schwerkraft nennen kann. Es darf aber überhaupt nicht von anziehenden Körpern und von angezogenen, als von zwei verschiedenen Klassen gesprochen werden, vielmehr ziehen sich alle Körper in unserem Sonnensysteme wechselseitig an, so daß ein jeder zu gleicher Zeit ein anziehender und ein angezogener ist. Aber nicht blos die Körper als Ganze ziehen sich an, vielmehr liegt die Anziehungskraft in allen wenn auch noch so kleinen materiellen Theilchen, alle materielle Theilchen im ganzen Sonnensysteme ziehen sich wechselseitig an. In wie fern nun alle Körper als eine Sammlung solcher materiellen Theilchen anzusehen sind, so wird ein Körper eine desto größere Anziehungskraft ausüben, je mehr solcher Theilchen er enthält. Die Summe aller materiellen Theilchen eines Körpers nennt man seine Masse, man sagt daher: Die Anziehung, welche ein Körper auf den andern ausübt, nimmt mit seiner Masse zu. Jedoch hängt die Stärke der Anziehung nicht blos von der Masse, sondern auch von der Entfernung der anziehenden Theilchen von der angezogenen ab, und zwar nimmt die Anziehung im Verhältniß des Quadrates der Entfernung ab.

Newton hat nun streng bewiesen, daß die Anziehung, welche

die verschiedenen materiellen Theilchen, die gleichmäßig in einer Kugel vertheilt sind, ausüben, genau dieselbe Wirkung hat, als ob sie sämmtlich im Mittelpunkte der Kugel vereinigt wären. Die Anziehung einer solchen Kugel wächst also im Verhältniß wie ihre Masse wächst und nimmt mit dem Quadrate der Entfernung ihres Mittelpunktes vom angezogenen Körper ab. Die wechselseitige Anziehung zweier solcher Kugeln geschieht ebenso als ob die Masse einer jeden in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre und diese Mittelpunkte sich anzögen. Die Sonne und die Planeten sind kugelförmig oder wenigstens fast kugelförmig; vergleichen wir sie also mit Kugeln der erwähnten Art. Betrachten wir beispielsweise das Verhältniß der Erde zur Sonne. Haben wir uns bis jetzt die Sonne als ruhend gedacht, um welche die von ihr angezogene Erde sich bewegt, so müssen wir jetzt sagen, die Sonne wird eben so wohl von der Erde angezogen wie die Erde von der Sonne; während die Erde sich nach der Sonne hinbewegt, bewegt sich auch die Sonne zur Erde, nur haben diese Bewegungen nicht gleiche Größe, weil Erde und Sonne nicht gleiche Massen haben. Aus Betrachtungen, zu welchen im Vorhergehenden schon der Grund gelegt ist und die ich später noch weiter ausführen werde, ergibt sich nämlich, daß die Masse der Sonne in runden Zahlen 350000 mal größer ist als die der Erde, d. h. also daß die Anziehungskraft der Sonne in diesem Verhältnisse stärker ist als die der Erde. Könnten die Mittelpunkte der Erde und der Sonne blos der Anziehungskraft folgen, so würden sie in gerader Linie einander entgegen eilen, aber der Punkt, in welchem sie zusammenträfen, würde dem Mittelpunkt der Sonne 350000 mal näher liegen als dem der Erde. Die Erde würde fast ihre ganze Entfernung von der Sonne (§. 19) durchlaufen, während die Sonne nur den 350000 Theil, also nur ungefähr 59 Meilen, durchliefe. Da aber die Erde zugleich durch eine Tangentialkraft getrieben wird, so beschreibt sie um diesen Punkt eine Ellipse in der ungefähren Entfernung von 20 Millionen Meilen, während die Sonne eine ähnliche Ellipse, jedoch in der Entfernung von nur 59 Meilen, um diesen Punkt beschreibt. Die Ortsveränderungen des Mittelpunktes der Sonne sind daher so unbedeutend, daß sie, wo nicht die feinsten Rücksichten genommen werden, ganz unbeach-

tet bleiben und wir daher die Sonne als einen ruhenden Körper ansehen dürfen.

In ähnlichem Verhältnisse steht die Sonne zu den übrigen Planeten. Die Masse eines jeden einzelnen ist im Verhältniß zur Sonnenmasse so unbeträchtlich, und ihre Entfernung so groß, daß keiner eine merkliche Anziehung auf die Sonne ausüben kann. Hierzu kommt noch, daß die Anziehungen, welche die Planeten auf die Sonne ausüben, sich theilweise aufheben, sobald sie nicht die Sonne nach derselben Richtung hinziehen. Allein selbst wenn alle Planeten in einer geraden Linie stünden und die Sonne nach derselben Seite hin zögen, würde die Bewegung, welche ihre vereinte Anziehungskraft im Sonnenkörper hervorbrächte, noch immer unbeträchtlich seyn, weil ihre vereinte Masse in runden Zahlen doch erst den 800sten Theil der Sonnenmasse ausmacht.

Die im Anfange dieses Paragraphen angeregte Frage, warum der Mond und ein Stein, den man von der Erde trennt, zur Erde und *nicht zur Sonne* hingezogen werden? läßt sich nun leicht beantworten. Allerdings wird der Mond *auch* zur Sonne hingezogen und wirklich beschreibt er ja eine Bahn um die Sonne, indem er sich jährlich einmal mit der Erde um die Sonne bewegt (§. 33). Aber während dieser Bewegung bleibt sein Verhältniß zur Erde dasselbe, sobald wir vorläufig, was der Wahrheit nahe kommt, annehmen, daß er immer mit derselben Kraft von der Sonne angezogen wird, wie die Erde. Denn wird die Erde um ein Gewisses zur Sonne hingezogen, so wird der Mond um *eben so viel* angezogen, *seine Entfernung von der Erde ändert sich also nicht*. Die wechselseitige Anziehung, die *zwischen Erde und Mond* statt findet, wird also durch die Anziehung, welche die Sonne auf beide ausübt, gar nicht gestört, oder sie ist ganz dieselbe, als ob die Sonne gar nicht vorhanden wäre.

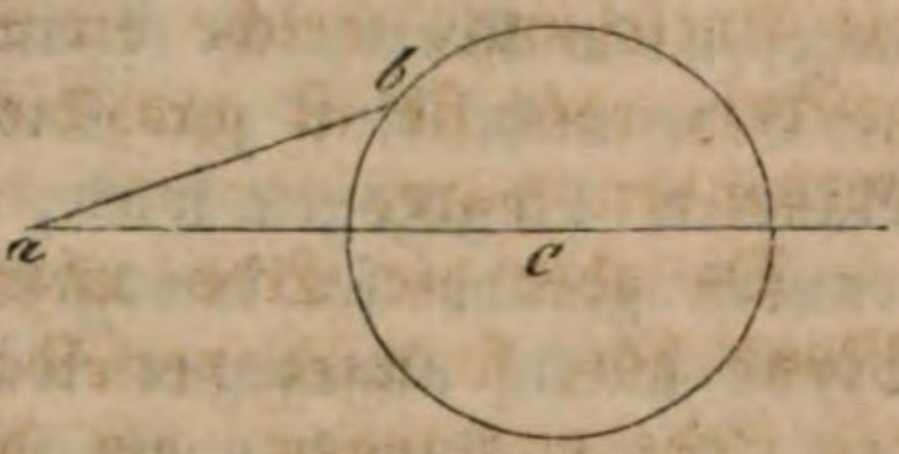
Da aber die Erde ungefähr 88 mal mehr Masse als der Mond hat, so wird derselbe in diesem Verhältnisse stärker von der Erde angezogen, als die Erde von ihm, er muß sich der Erde mehr nähern als sie ihm; daher beschreibt er eine Bahn um die Erde, eben so wie die Erde eine Bahn um die Sonne beschreiben muß. Hätte der Mond eine viel größere Masse

als die Erde, so würden wir uns um den Mond bewegen müssen.

Stände die Erde in derselben Entfernung vom Monde wie die Sonne, so würde ihre Anziehung im Verhältniß zur Anziehung, welche die Sonne auf den Mond ausübt, nur eine sehr geringe seyn, und zwar in demselben Verhältnisse, in welchem ihre Masse geringer ist als die Sonnenmasse, d. h. ihre Anziehung würde nur $^1/_{350000}$ der Anziehung der Sonne betragen. Da sie aber dem Monde (in runder Zahl) 400 mal näher ist, und die Stärke der Anziehung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so wird ihre Anziehung 160000 (nämlich 400 mal 400) mal größer und beträgt daher $^{160000}/_{350000}$ oder $^{16}/_{35}$ d. h. ungefähr die Hälfte der Anziehung, welche die Sonne auf den Mond ausübt.

Aehnlich ist es, wenn wir einen Stein in die Höhe werfen; auch dieser wird allerdings zur Sonne gezogen, und bewegt sich auch mit der ganzen Erde weiter um die Sonne; die Anziehung, welche die Sonne auf ihn ausübt, ändert aber in seinem Verhältnisse zur Erde, welche eben so stark angezogen wird, Nichts. Die Erde zieht ihn an und er zieht seiner Seits die Erde an, die Erde muß sich eben sowohl nach ihm hin bewegen, wie er sich nach der Erde hin. Weil aber seine Masse im Verhältniß zur Erdmasse höchst unbedeutend ist, so kann auch die Anziehung, die er ausübt, durchaus keine merkliche Bewegung der Erdmasse erzeugen, man kann in aller Strenge die Erde als ruhend ansehen, während sie ihrerseits den Stein anzieht und seinen Fall verursacht.

64. So können wir uns nun Alles, was wir früher über die Bewegung der Erde und des Mondes aus der Erfahrung entnommen haben, als die Folge des einfachsten Spiels der Naturkräfte erklären. Die Erde erhielt einmal eine Bewegung von Westen nach Osten; sagen wir: sie erhielt einen Stoß. Wäre dieser Stoß nach dem Mittelpunkte c der Erde gerichtet gewesen, so daß sie



z. B. in der Richtung der Linie a c fortgegangen wäre, so hätte sie sich nicht gedreht. Aber dieser Stoß war nach einem Punkte b ihrer Oberfläche gerichtet; während er die Erde forttrieb, drehte er sie daher gleich um ihren Mittel-

punkt. Hieraus entstand die Axendrehung oder die tägliche Bewegung der Erde (§. 17); da kein Grund zu einer Aenderung vorhanden ist, so setzt die Erde seit jener Zeit diese einmal erhaltene Drehung auf dieselbe Weise fort (vergl. §. 52), daher ist die tägliche Bewegung vollkommen gleichförmig (§. 17). Zugleich wurde die Erde zur Sonne gezogen, sie muß daher um diese eine Bahn beschreiben, bei welcher die Keppler'schen Gesetze hervortreten (§. 59, 60). Ist sie der Sonne am nächsten, so wird sie viel stärker angezogen, als wenn sie am weitesten von ihr entfernt ist, daher bewegt sie sich im ersten Falle rascher als im zweiten (§. 20 u. §. 48). Der Mond wurde zu gleicher Zeit von der Erde und Sonne angezogen; erhielt auch er einen Stoß, welcher nicht durch seinen Mittelpunkt ging, so mußte er sich ebenfalls um seine Axe drehen; dieß thut er, wie wir später sehen werden, wirklich. Er mußte sich nun mit Beobachtung der zwei ersten Keppler'schen Gesetze um die Erde drehen und zugleich mit dieser um die Sonne.

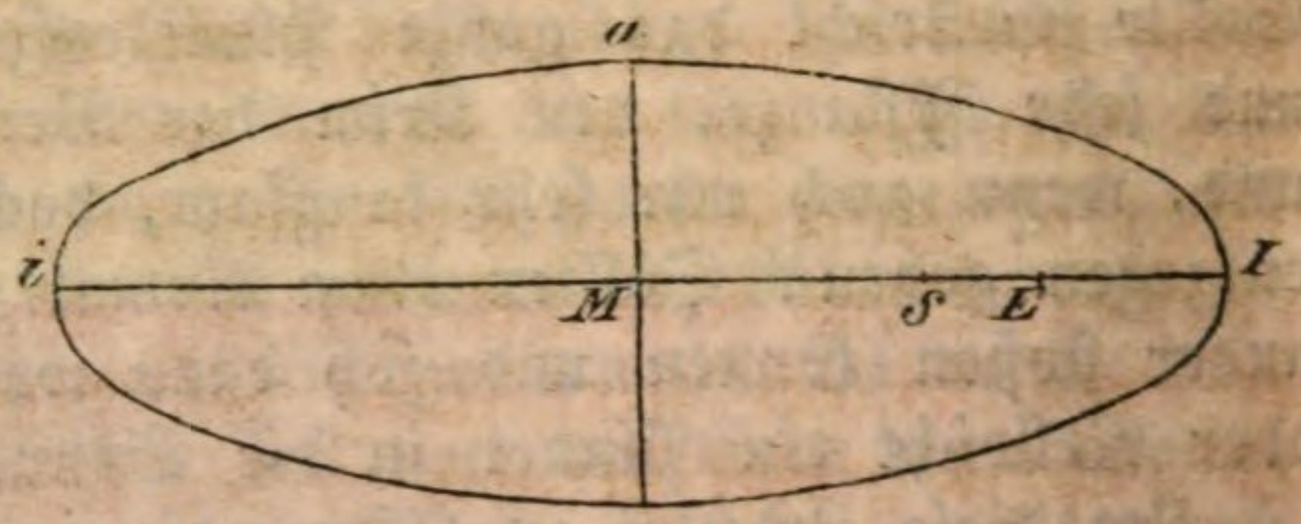
65. Untersucht man den Gedankengang, durch welchen wir allmählich zu der Behauptung gelangt sind, daß sich alles Materielle im Sonnensysteme anzieht, so muß es fast scheinen, als ob wir uns in einen offenbaren Widerspruch verwickelt hätten. Zuerst nämlich erklärten wir die Eigenthümlichkeiten der Planetenbewegung, von der Voraussetzung ausgehend, daß nur ein anziehender Körper, die Sonne, vorhanden ist, die vermöge ihrer größeren Masse die kleineren Planetenmassen zwingt, sich zu ihr hin zu bewegen. Nur unter dieser Voraussetzung waren wir berechtigt, die drei Sätze der Bewegungslehre (§. 59, 60, 61) auf den Lauf der Planeten anzuwenden. Wenn sich aber, nach unserer letzten Behauptung, alle Körper im Planetensysteme anziehen, wenn z. B. die Erde nicht blos zur Sonne sondern auch zu allen übrigen Planeten hingezogen wird, wie ist es möglich, daß sie sich dennoch gerade so bewegen sollte, als ob sie nur von der Sonne allein angezogen würde? Muß sie nicht vielmehr allen diesen Anziehungen folgend, eine Bahn von sehr verwickelter Gestalt beschreiben? eine Bahn, die sich stets ändert, je nachdem sich die Erde in anderen Lagen und anderer Entfernung von jedem der übrigen Planeten befindet. Wird sie nicht beständig von dem einen vorwärts, von dem andern rück-

wärts, von dem einen aufwärts, von dem anderen abwärts gezogen werden? Und da dasselbe von den anderen Planeten gilt, sollte nicht die Gefahr vorhanden seyn, daß aus diesen mannigfachen Verschlingungen so vieler unaufhörlich wechselnder Anziehungen zuletzt eine gänzliche Zerstörung der Ordnung, die wir bisher im Planetenlaufe gefunden haben, entspränge? Sollte vielleicht das ganze Planetensystem, wie jedes Thier und jede Pflanze, den Keim der Vernichtung in sich tragen und, wenn auch nur sehr langsam, doch sicher dem Untergange entgegen gehen? Sollten etwa einmal zwei Planeten auf einander stoßen können und sich dann wechselseitig zertrümmern, oder vielleicht ein Planet in die Sonne stürzen?

Um diese Zweifel zu lösen, die ja nicht blos die Wissenschaft, sondern wie man sieht, sogar die Fortdauer des Menschengeschlechtes sehr ernstlich berühren, muß ich zunächst eingestehen, daß ich bis jetzt dem Leser, freilich in der guten Absicht ihn nicht zu verwirren, noch nicht die volle Wahrheit gesagt habe. Allerdings bewegen sich die Planeten in aller Strenge genommen, nicht nach den Keppler'schen Gesetzen; das würden sie nur dann thun, wenn jeder derselben mit der Sonne allein im Raume vorhanden wäre; — allerdings ist in dem Laufe eines jeden die Einwirkung der übrigen sichtbar. Aber, wenn auch die Keppler'schen Gesetze nicht ganz die volle Wahrheit enthalten, so sind sie doch eine sehr starke Annäherung an dieselbe. Das Uebergewicht der Anziehung, welche die Sonne auf irgend einen Planeten ausübt, ist nämlich so bedeutend im Verhältniß zu den Anziehungen der übrigen Planeten, daß die Bewegung der einzelnen Planeten nie sehr beträchtlich von derjenigen abweicht, welche ihnen zukäme, wenn sie nur der Anziehung der Sonne zu folgen hätten.

66. Mancherlei Umstände vereinigen sich, in deren Folge die wechselseitige Einwirkung der Planeten so klein wird. Erstens ist, wie ich schon früher bemerkt habe (§. 63), nicht blos die Masse eines jeden einzelnen sondern sogar ihre Gesammtmasse, im Verhältniß zur Sonnenmasse sehr gering. Indessen würden sie trotz dem noch immer eine starke Anziehung auf einander ausüben können, wenn sie sich sehr nahe wären (vergl. §. 63); aber auch dies ist nicht der Fall, sie sind vielmehr durch sehr große Zwischenräume getrennt. Hierzu kommt noch, daß die Gestalt ihrer Bahnen sich der Kreis-

form nähert, wenn sie auch nicht völlig kreisförmig ist; wären diese Bahnen dagegen sehr gestreckte Ellipsen, also ihre Brennpunkte sehr weit vom Mittelpunkte entfernt, so würden sie zu verschiedenen Zeiten eine sehr verschiedene Anziehung ausüben, woraus bedeutende Aenderungen entspringen könnten. Beschriebe z. B. der Jupiter die sehr gestreckte Bahn i a J um die Sonne, welche im Brennpunkte S stände, und betrüge die Entfernung dieses Brennpunktes vom Mittelpunkte M etwa den vierten Theil der großen Axe i J, so wäre Jupiter, wenn er sich im Punkte i befände, dreimal so weit von der Sonne entfernt, wie im Punkte J. Dieß würde also einen bedeutenden Unterschied in der Stärke der Anziehung, welche die Sonne auf ihn ausübt, machen, er würde im ersten Falle, da die Stärke der Anziehung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, neunmal schwächer angezogen als im zweiten; und aus diesem Grunde müßte er auch wieder die Erde in beiden Fällen mit sehr verschiedener Stärke anziehen.



Auch die Neigungen, welche die Bahnen der verschiedenen Planeten gegen einander haben, sind nicht bedeutend.* Wenn ich daher früher gesagt habe, daß ein Planet den andern bald aufwärts bald abwärts ziehen und daher die Lage seiner Bahn verändern kann, so sind diese Aenderungen doch in sehr enge Grenzen eingeschlossen.

67. Wiewohl nun die Wechselwirkung der Planeten sehr unbeträchtlich ist, so würde es doch ungemein schwer, fast unmöglich seyn, den Erfolg durch Rechnung zu finden, wenn man sich nicht, eben wegen der Kleinheit dieser Wirkung, mit einer Annäherung begnügte, mit welcher man vollkommen ausreicht, wie sowohl mathematische Betrachtungen als auch die Erfahrung nachweisen. Diese Annäherung gibt uns nämlich den Ort eines Planeten bis auf einzelne Bogensekunden (§. 10)

* Einige machen freilich hierin eine Ausnahme, aber gerade diese haben so unbedeutende Massen, daß ihre Anziehung gar nicht in Betracht kommt; es sind dieß die kleinen in diesem Jahrhunderte entdeckten vier Planeten, von welchen später mehr.

genau, während man vor Newton schon zufrieden war, wenn man ihn bis auf mehre Minuten genau berechnen könnte. Während nämlich in Wahrheit alle Planeten sich immer zugleich wechselseitig anziehen, erlaubt man sich die Anziehung, die irgend einer auf einen andern ausübt, so zu berechnen, als ob neben der Sonne nur diese zwei und kein anderer anziehender Körper vorhanden wäre. Die Aufgabe, die Einwirkung eines Planeten auf den andern unter dieser Voraussetzung zu berechnen, nennt man eben deßwegen die Aufgabe der drei Körper. Ohne diese Erleichterung wäre an eine Berechnung der wechselseitigen Einwirkung der Planeten kaum zu denken, und auch so gehört sie noch zu den schwierigsten.

Alle hierher gehörenden Untersuchungen verdanken ihren Ursprung dem schöpferischen Geiste Newtons; er durchschaute die Frage in allen ihren Folgen, wenn er auch nicht alle diese Folgen entwickeln konnte, theils weil es dazu an genauen Beobachtungen fehlte, theils weil die Rechnungsarten, die er ebenfalls geschaffen hatte, doch noch einer weiteren Ausbildung bedurften. Aber die größten Mathematiker, die auf ihn gefolgt sind, bis auf die neueste Zeit herab, haben es sich angelegen seyn lassen, den zuerst von ihm betretenen Weg weiter zu verfolgen; ihren vereinten Anstrengungen ist es gelungen, die wunderbarsten Aufschlüsse über Vergangenheit und Zukunft des Sonnensystems zu erhalten. Noch lange werden diese Untersuchungen nicht geschlossen seyn; vielmehr ist hier dem menschlichen Geiste ein Feld eröffnet, auf welchem eine große Reihe kommender Geschlechter noch reiche Ernte finden wird. Das wichtigste Ergebniß dieser Forschungen besteht in der gewonnenen, sicher begründeten Ueberzeugung, daß in der Wechselwirkung der Planeten durchaus Nichts vorkommt, was eine ganze oder theilweise Zerstörung des Sonnensystems bewirken könnte, vielmehr alles auf eine unbegrenzte Dauer hinweist, die nur durch eine uns ganz unbekannte und außerhalb des Sonnensystems liegende Ursache aufgehoben werden könnte.

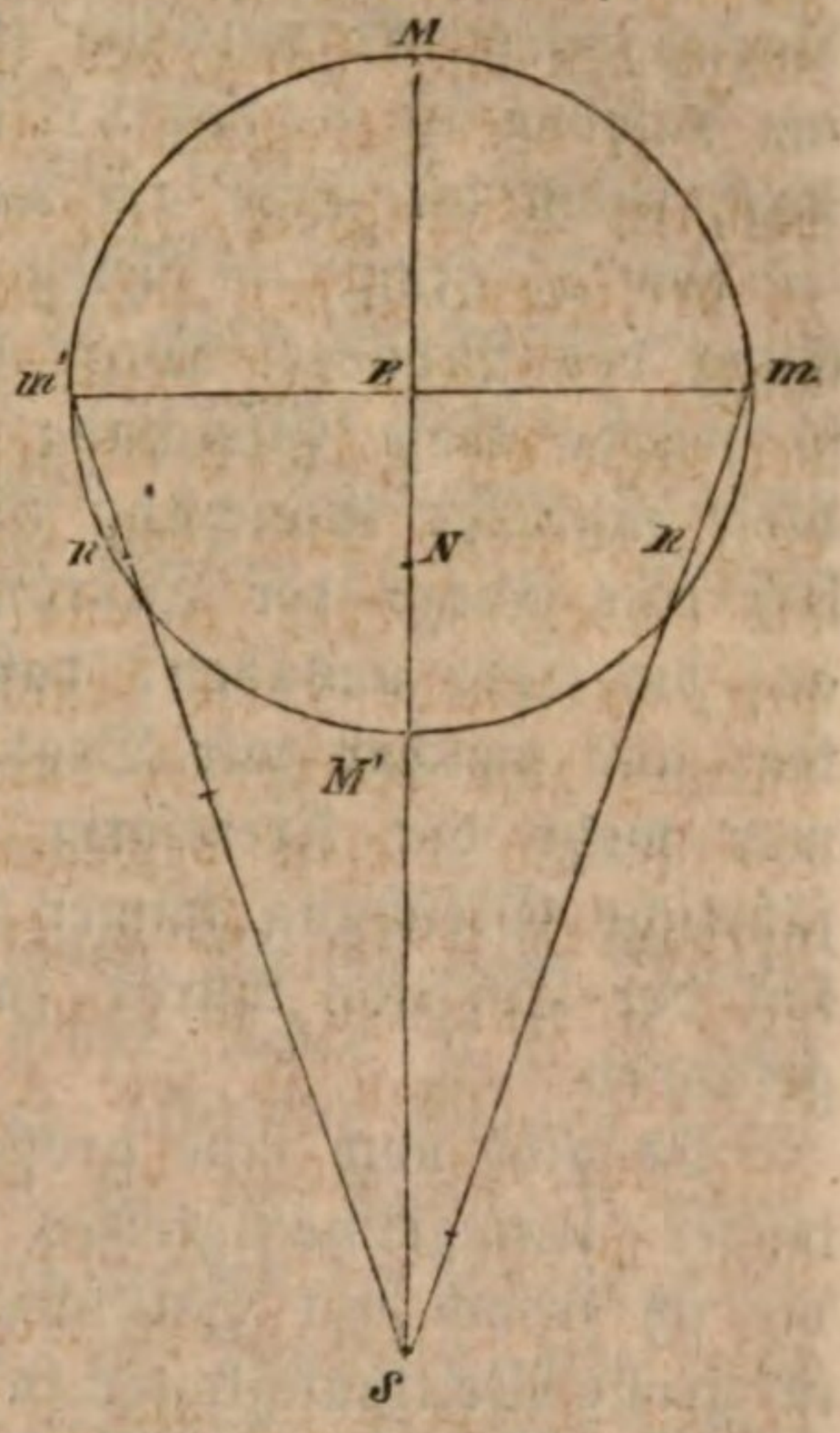
Wenn man daher die Einwirkung eines Körpers des Sonnensystems auf die Bahn, die ein zweiter um seinen Centralkörper beschreibt, eine Störung, den ersten Körper einen störenden, den zweiten einen gestörten nennt, so darf hierbei durchaus nicht an eine Unordnung gedacht werden; man will damit nur ausdrücken daß der zweite Körper ge-

zwungen wird, von der Bahn abzuweichen, die er sonst vermöge der Anziehung des Centralkörpers beschreiben würde.

Bei der Berechnung einer solchen Störung ist es von der höchsten Wichtigkeit, folgende Betrachtung nicht aus den Augen zu verlieren. Wenn sich um einen Körper A ein zweiter B bewegt, und nun ein dritter C diese Bewegung stört, so ist hierbei nicht die ganze Anziehungskraft des dritten wirksam, weil er ja zugleich auch den ersten anzieht. Würde der Körper C die beiden Körper A und B auf ganz gleiche Weise anziehen, so würde eben deßwegen der Körper B in seinem Verhältniß zum Körper A durchaus nicht gestört werden und sich ebenso um diesen bewegen, als ob der Körper C gar nicht vorhanden wäre. Soll eine Störung in der Bahn des Körpers B eintreten, so kann diese nur daraus entspringen, daß B nicht genau so wie A angezogen wird; die Störung ist also nur eine Folge des Unterschiedes der zwei Anziehungen, welche C auf A und B ausübt. Wenn daher der Körper C keine sehr große Masse hat und noch außerdem von den beiden Körpern A und B sehr weit entfernt ist, so ist schon die ganze Anziehung, die er auf jeden dieser Körper ausübt, eine geringe; um so geringer muß die Störung, die er hervorbringt seyn, da sie durch den Unterschied dieser zwei Anziehungen hervorgebracht wird. Hieraus wird man noch deutlicher einsehen, wie es kommt, daß die Anziehung eines Planeten die Bahn, die ein anderer um die Sonne beschreibt, nur wenig abändert.

68. Machen wir einmal von den vorhergehenden Betrachtungen eine Anwendung auf das Verhältniß, welches zwischen Mond, Erde und Sonne statt findet. Hier zeigt sich die Aufgabe der drei Körper in ihrer einfachsten Gestalt. Wäre der Mond mit der Erde allein im Raume vorhanden, so würde er sich nach den Keppler'schen Gesetzen um sie bewegen. Die übrigen Planeten sind nun so weit entfernt, und ihre Massen so klein, daß der Unterschied der Anziehungen, die sie auf Erde und Mond ausüben, gar nicht in Betracht kommt. Die Sonne dagegen zieht keineswegs, wie früher vorläufig angenommen wurde, die Erde und den Mond immer auf gleiche Weise an (§. 63); da vielmehr der Mond der Sonne bald ferner bald näher ist, als der Erde, so bringt dies in der Anziehung der so sehr beträchtlichen Sonnenmasse einen sehr merklichen Unterschied hervor, d. h. also: die Sonne verhält

sich gegen den Mond in seiner Bahn um die Erde als störender Körper. Bezeichnet M m M' m' die Bahn, welche der Mond um die Erde die in E steht, beschreibt, und ist die Sonne in S so wird der Mond, wenn er in M' steht — d. h. bei Neumond (§. 33) — stärker zur Sonne gezogen als die Erde, die Entfernug zwischen Erde und Mond wird also hierdurch vergrößert, mithin die Anziehungskraft der Erde auf ihn vermindert; daher muß sich der Mond nun langsamer in seiner Bahn um die Erde fortbewegen, als er es ohne Dazwischenkunft der Sonne gethan haben würde. Eben so wird der Mond sich langsamer bewegen, wenn er in M steht — d. h. bei Vollmond —, denn nun zieht die Sonne die nähere Erde stärker an als den entfernteren Mond. Steht dagegen der Mond in m' oder in m — d. h. im ersten und letzten Viertel — so ist zwar die Größe der Entfernung der Sonne von Erde und Mond fast dieselbe, also auch die Kraft, mit welcher sie beide anzieht, die Richtung der beiden Anziehungen ist aber verschieden. Die Erde wird in einer gewissen Zeit durch das Stück E N, der Mond durch das gleich große Stück m n oder m' n' gezogen. Hierbei kommen sich aber, wie man aus der Zeichnung sieht, Erde und Mond näher; daher übt die Erde eine stärkere Anziehungskraft aus und der Mond muß sich schneller um sie bewegen, als er es sonst gethan haben würde.



Diese Unregelmäßigkeit in der Bewegung des Mondes, die man die Evektion nennt, kannte schon Ptolemäus (§. 39), aber mehr als 15 Jahrhunderte hat es gedauert, bis Newton ihren wahren Grund auffand.

Diese Unregelmäßigkeit ist aber selbst wieder im Laufe des Jahres Aenderungen unterworfen. Da nämlich die Erde, mithin auch der sie begleitende Mond, im Laufe des Jahres der Sonne bald mehr bald weniger nahe ist, so ändert sich hiernach auch die Stärke der Anziehungen, welche diese auf Erde

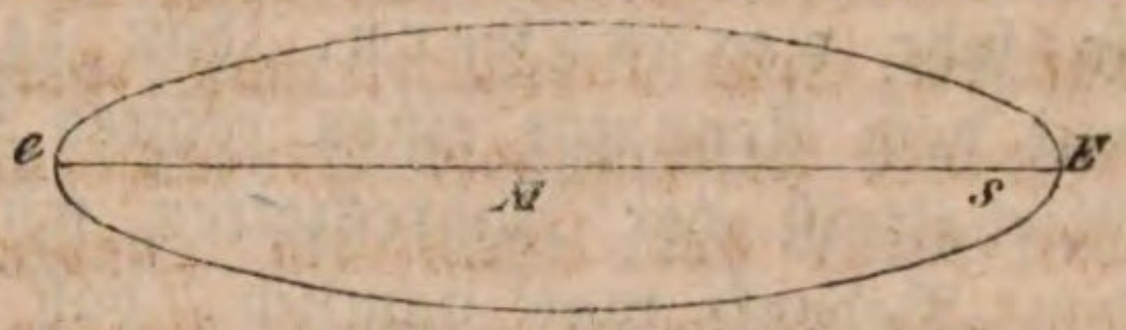
und Mond ausübt, und damit auch der Unterschied dieser Anziehungen. Er wird am stärksten, wenn die Erde der Sonne am nächsten ist — den 31. Dezembrr (§. 19) —; am schwächsten, wenn die Erde am weitesten von der Sonne entfernt ist — den 3. Juli. — Dieß nennt man die jährliche Gleichung des Mondes. Wäre die Bahn der Erde kreisförmig, so würde diese Gleichung nicht vorhanden seyn. Aber auch diese jährliche Gleichung ist wieder veränderlich. Es ist nämlich eine Folge der Störungen, welche die übrigen Planeten auf die Erde ausüben, daß ihre Bahn seit den ältesten Zeiten, aus welchen wir Beobachtungen haben, bis jetzt sich immer mehr der Kreisform genähert hat, daher muß auch die jährliche Gleichung immer kleiner werden. Diese Veränderlichkeit der Evektion wurde zuerst von Tycho de Brahe (§. 45) gefunden.

Es gibt noch eine große Menge mehr oder minder bedeutender Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des Mondes, die ich jedoch mit Stillschweigen übergehe, da ihre Erklärung in große Weitläufigkeiten führen würde und es hier nicht sowohl darauf ankam, die Bewegung dieses Weltkörpers genau kennen zu lernen, als vielmehr an einem einfachen Beispiele die Wirkungen einer störenden Kraft zu erläutern.

69. Die Störungen, welche die Planeten auf einander ausüben, können unter drei Hauptgesichtspunkte gebracht werden: Erstens können sie bewirken, daß der gestörte Körper in seiner ungeänderten Bahn einen andern Ort einnimmt als er sonst thun würde; zweitens kann sich die Gestalt seiner Bahn und drittens die Lage dieser Bahn ändern. Von der ersten Klasse der Störungen ist für die Erhaltung des gestörten Körpers nichts zu fürchten; sehr gefährlich könnten ihm dagegen die zwei letzten Klassen werden, wenn ihre Wirkungen nicht in engen Gränzen eingeschlossen wären.

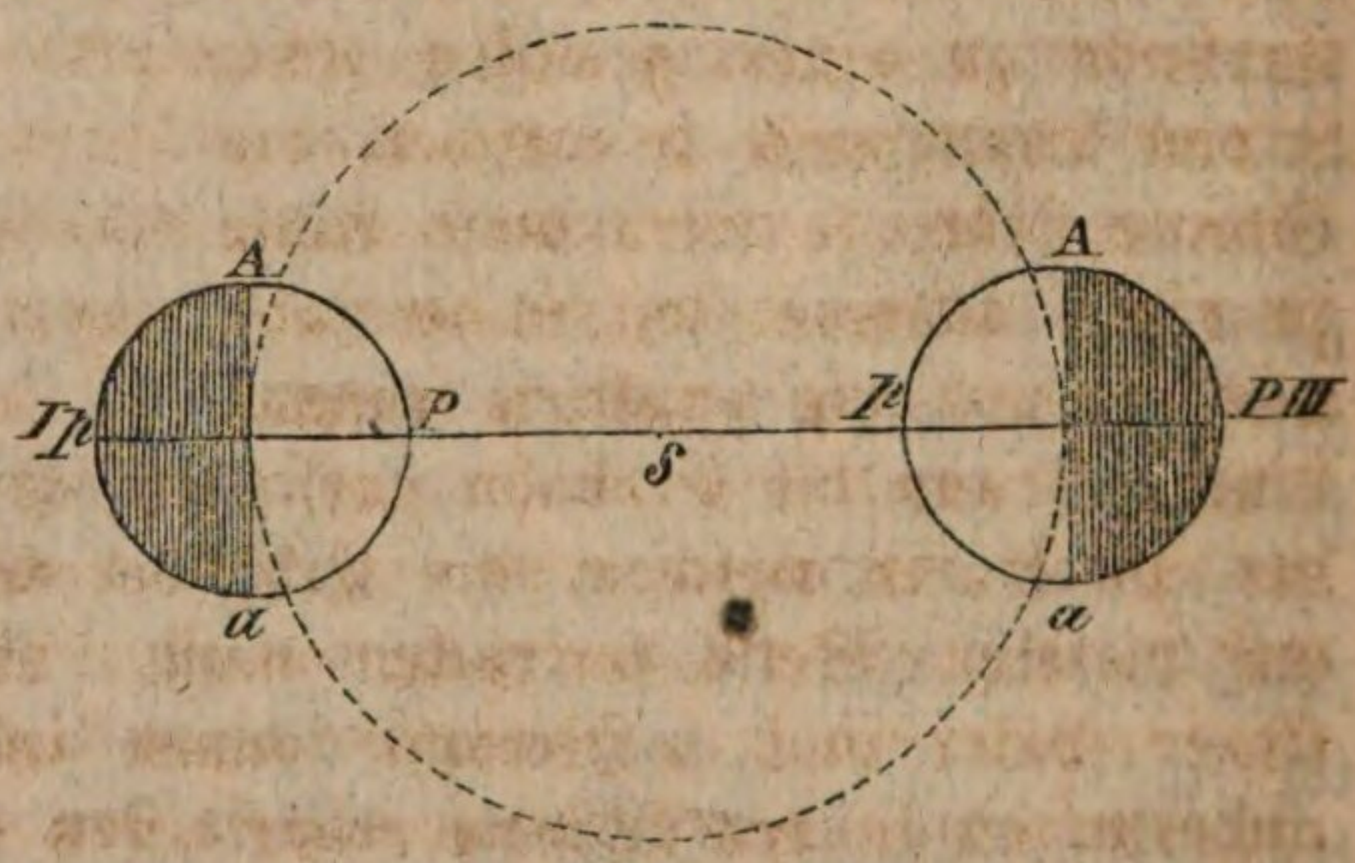
Was die Gestalt der Bahn betrifft so ist hier zunächst ein höchst merkwürdiges Gesetz zu beachten, welches zuerst der berühmte französische Mathematiker Laplace gefunden hat. Es besteht darin, daß, wie auch durch die Störungen die Gestalt der Ellipse geändert werden möge, die ein Planet um die Sonne beschreibt, hierdurch ihre große Achse nie geändert wird. Nie kann der Planet gezwungen werden, eine Ellipse zu beschreiben, deren große Achse kürzer oder länger wäre. Aber ein und

dieselbe große Achse kann zu sehr verschiedenen Ellipsen gehören, da die Excentricität sich ändern kann (§. 18). Wäre es möglich, daß die Planeten, statt wie jetzt fast kreisförmige Bahnen um die Sonne zu beschreiben, einmal sehr gestreckte Ellipsen beschrieben, so müßte dieses auf ihre Beschaffenheit einen unberechenbaren Einfluß ausüben. Die große Achse der Erdbahn z. B. beträgt in runden Zahlen 41 Millionen Meilen, ihre Excentricität ungefähr 350000 Meilen (§.19). Könnte sich die Excentricität so sehr ändern, daß sie 20 Millionen Meilen betrüge, so würde mithin der Brennpunkt S, in welchem die Sonne steht, 20 Millionen Meilen vom Mittelpunkte M entfernt seyn; die halbe große Achse M E ist nach unserer Annahme 20 Millionen und 500000 Meilen lang. In ihrer Sonnennähe, d. h. wenn sie im Punkte E wäre, käme daher die Erde bis auf 500000 Meilen der Sonne nahe, während sie in ihrer Sonnenferne, im Punkte e, um mehr als 40 Millionen Meilen von ihr abstände. Hieraus müßte im ersten Falle eine ungeheuere Hitze, im zweiten eine sehr große Kälte folgen, und es wäre ganz unmöglich, daß die Wesen, die sich jetzt, bei einem durchschnittlichen Abstande von 20 Millionen Meilen, auf der Erde befinden, auch dann noch fortdauern könnten, ja die ganze Erde würde ohne Zweifel bei einer so starken Annäherung an die Sonne in Dampf und Rauch aufgehen. Die tiefsinnigen Untersuchungen eines andern berühmten Franzosen Lagranges, haben aber gezeigt, daß an ein solches Ereigniß nicht zu denken ist. Freilich ändern sich die Excentricitäten, aber diese Aenderungen sind in sehr engen Gränzen eingeschlossen. Die Excentricität der Erde z. B. kann nie doppelt so groß werden als sie jetzt ist, sie hat, wie ich schon früher (§. 68) erwähnt habe, seit den ältesten Zeiten abgenommen, nach vielen Jahrtausenden wird sie aber wieder zunehmen, jedoch nie die engen Gränzen überschreitend, die ihren Aenderungen gesetzt sind.



70. Weniger zerstörend, aber doch immer von sehr bedenklichen Folgen begleitet, würde eine starke Aenderung in der Lage der Planetenbahnen seyn. Die Erdbahn ist z. B. jetzt unter einem Winkel von ungefähr 23 Grad 28 Minuten (§. 19) gegen den Aequator geneigt. Würde diese Neigung in Folge der Störungen so abnehmen, daß zuletzt die

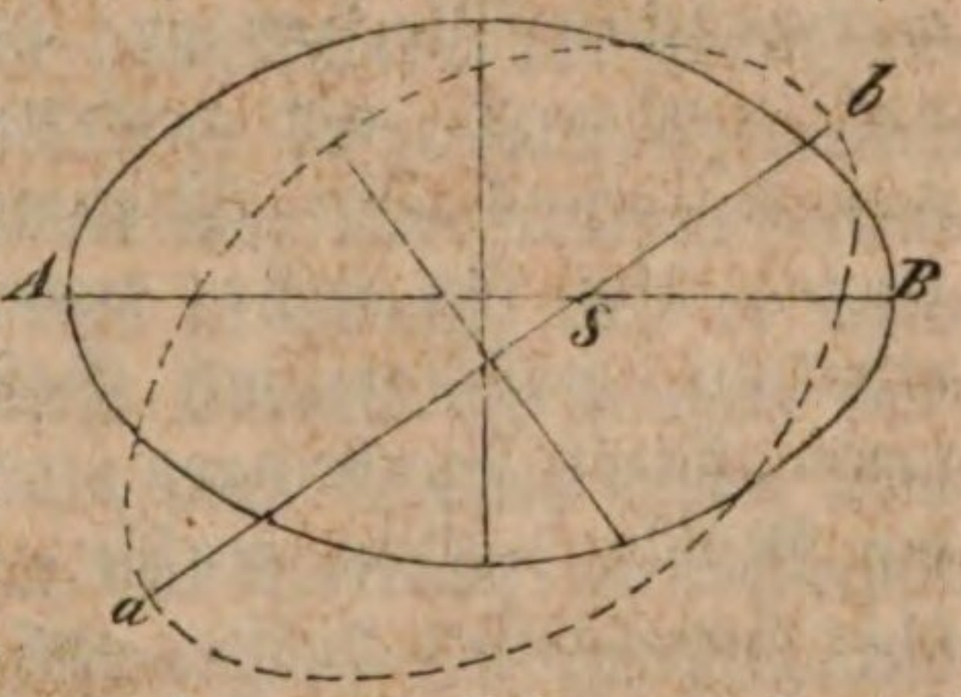
Ebene der Erdbahn mit der des Aequators zusammenfiele, so würde das ganze Jahr hindurch überall auf der Erde Tag und Nacht gleich lang seyn, da der Unterschied in der Länge der verschiedenen Tage des Jahres ja lediglich eine Folge dieser Neigung ist, (§. 27); damit würde denn auch der Unterschied der Jahreszeiten wegfallen, und der Begriff Jahr für das bürgerliche Leben seine Wichtigkeit verlieren. Könnten anderer Seits die Störungen diese Neigung so sehr vergrößern, daß zuletzt die Ebene der Erdbahn mit dem Aequator einen rechten Winkel bildete, so würde das Verhältniß der Jahreszeiten ein ganz anderes als jetzt werden. Bedenkt man nämlich, daß in diesem Falle die Pole der Erde in der Ebene ihrer Bahn liegen würden, so sieht man leicht, wenn man die früheren Betrachtungen (S. 40) über die Erleuchtungsgränze wiederholt, daß alsdann die Pole einmal im Jahre die Sonne über dem Scheitel haben würden, und daß die Sonne zu gewissen Zeiten, an allen Punkten der Erde, innerhalb 24 Stunden, nicht auf und nicht unter ginge, also dann auf der ganzen Erde dasselbe Verhältniß statt fände, wie gegenwärtig nur in den kalten Zonen. Daß die Wärmeverhältnisse, die Beschaffenheit der Thiere und Pflanzen unter solchen Umständen nicht dieselben bleiben könnten, ist begreiflich.



Bezeichnet hier wieder die punktirte krumme Linie die Erdbahn, S die Sonne, p P die Erdachse, die in der Ebene der Erdbahn liegt, A a den Aequator, welcher auf dieser Ebene senkrecht steht, so scheint die Sonne in der Lage I auf den Scheitel des Pols P, der Aequator bildet die Erleuchtungsgränze; für alle Punkte der Erde, die in der Halbkugel A P a liegen, geht daher die Sonne an diesem Tage nicht unter, während sie für alle die in der Halbkugel A p a liegen, nicht aufgeht. Umgekehrt ist es, wenn die Erde in der Lage III ist, und man kann sich durch eine Zeichnung leicht versinnlichen, wie das Verhältniß in den Zwischenlagen seyn wird.

So große Aenderungen werden aber in Wahrheit nie bei der Neigung der Erdbahn vorkommen. Zwar hat sie seit den ältesten Beobachtungen, die darüber vorhanden sind, fortwährend abgenommen * und wird jetzt jedes Jahrhundert um etwa 47 Sekunden kleiner, allein nun, wo man die Ursache dieser Abnahme kennt, weiß man auch daß sie nicht über eine gewisse Gränze hinausgeht; sie wird nach Jahrtausenden langsam bis etwa auf 22 Grad und 54 Minuten abnehmen und dann wieder langsam wachsen, bis sie auf etwas mehr als 25 Grad gekommen ist. Im Allgemeinen schwankt ihre Größe zwischen $21\frac{1}{2}$ Grad und $27\frac{1}{2}$ Grad, aber diese äußersten Gränzen erreicht sie erst nach Zeiträumen, die nicht nach Hunderten sondern nach Hunderttausenden von Jahren gerechnet werden.

71. Zum Schlusse erwähne ich noch eine Aenderung, die bei allen Planetenbahnen vorkommt, die sich aber von den früher erwähnten dadurch unterscheidet, daß sie nicht innerhalb enger Gränzen hin und her schwankt, sondern immer zunimmt, woraus jedoch durchaus keine Gefahr entspringt. Diese Aenderung besteht darin, daß die großen Axen fortwährend ihre Lage ändern, und zwar so, daß sie sich unaufhörlich in derselben Richtung fortdrehen. Bezeichnet z. B. die Linie A B die Größe und Lage der großen Achse der Erdbahn zu einer gewissen Zeit, S den Brennpunkt in welchem die Sonne steht, so wird diese Achse zu einer anderen Zeit in der Lage a b seyn und die punktirte krumme Linie alsdann die Erdbahn vorstellen. Hieraus folgt, daß auch der Punkt, in welchem die Erde der Sonne am nächsten ist, auf dieselbe Weise fortrücken muß. War er früher in B so ist er später in b. Hieraus können indessen nur kleine Veränderungen in den Wärmeverhältnissen entspringen. Jetzt trifft die Erde am 31 Dezember in diesem Punkte ein, die Sonne steht also den Bewohnern der nördlichen Halbkugel am Anfange des Winters am nächsten (§. 19), nach einer Reihe von Jahrtausenden wird sie uns am Anfange des Sommers



---

* Der Chinese Tscheu Kong bestimmte sie 1100 v. Chr. zu 23 Gr. 52 Min.
„ Grieche Pytheas „ „ 350 „ „ 23 „ 49 „
„ Araber Ebn Junis „ „ 1000 n. Chr. „ 23 „ 34 „
„ Engländer Bradley „ „ 1750 „ „ 23 „ 28 „

am nächsten stehen. Bei der geringen Excentricität der Erdbahn bringt dieß keinen wesentlichen Unterschied hervor, bei Planeten, deren Bahnen größere Excentricitäten haben, wie Mars und Merkur, muß der Unterschied allerdings viel fühlbarer seyn, aber er kann keines Falls die Beschaffenheit dieser Planeten wesentlich umändern oder gar ihre Zerstörung herbeiführen.

72. In demselben Jahre, in welchem Galilei starb, am 25 Dezember 1642, wurde Isaak Newton zu Woolsthorpe einem Dorfe in der Grafschaft Lincolnshire, in einem Landhause geboren, welches noch gegenwärtig steht. Klein und schwach kam er auf die Welt, so daß man lange sein Aufkommen bezweifelte, und dennoch sollte er nicht blos ein rühmliches Leben führen, sondern auch ein ungewöhnlich hohes Alter erreichen. In der früheren Kindheit zeigte er keine besonderen Anlagen, er war ein still vor sich hinbrütender Knabe. Erst mit dem zwölften Jahre, als er in die Schule der nächsten Stadt Grantham geschickt wurde, entwickelten sich seine Geisteskräfte in unverkennbarer Weise. Zu jener Zeit verrieth er besondere Neigung zu Maschinenbau. Er versah sich mit mechanischen Werkzeugen, in deren Handhabung er große Fertigkeit erlangte, und verfertigte allerlei Maschinen unter welchen besonders eine Windmühle allgemeine Bewunderung erregte. Um sie auch, wenn der Wind fehlte, im Gange zu erhalten, wußte er mit Geschicklichkeit noch eine zweite bewegende Kraft anzubringen, er setzte eine Maus hinein, welche die Mühle treiben mußte. Dieß waren seine ersten Studien über bewegende Kräfte, aus welchen später die Mechanik des Himmels hervorgehen sollte.

Seine Mutter — den Vater hatte er früh, nach einigen sogar schon vor der Geburt, verloren — hatte nicht die Absicht, ihn den Wissenschaften zu widmen; sie nahm ihn in seinem fünfzehnten Jahre aus der Schule um ihn zu ländlichen Beschäftigungen zu verwenden. Aber Newton, der dazu bestimmt war, ein anderes Feld zu bebauen als das seiner Mutter, vergaß nicht selten Schafe und Kühe, um hinter einer Hecke über mathematische Sätze nachzudenken. Je älter er wurde desto stärker trat sein Hang zu den Wissenschaften, seine Abneigung gegen die häuslichen Geschäfte hervor. So sah sich die Mutter am Ende genöthigt den unbrauchbaren Sohn wieder auf die Schule zu schicken, von wo aus er nach einiger

Zeit, auf Betrieb seines Onkels, eines Geistlichen, nach Cambridge geschickt wurde. Am 5. Juni 1660 wurde er in das Trinity-College aufgenommen. Er hatte das Glück hier an Barrow einen Lehrer zu finden, welcher zu den bedeutendsten Mathematikern seiner Zeit gehörte und sich des jungen Genies, das sich unter seinen Augen entwickelte, mit dem größten Wohlwollen annahm. Die vier ersten Jahre seines dortigen Aufenthalts verwendete er darauf die bedeutendsten Werke der Mathematiker zu lesen, aber in dieser Zeit war er auch völlig reif geworden. In den zwei folgenden Jahren 1664 und 1665 eilte er von Entdeckung zu Entdeckung. Indem er die sogenannte höhere Analysis, den Hochpunkt der neueren Mathematik, fand, ließ er seine Vorgänger weit hinter sich; was die größten Geister aller Zeiten vergeblich gesucht hatten, wurde ihm ein Spiel, rasch überblickte er die Folgen seiner Entdeckung für Geometrie und Mechanik, unzweifelhaft schon damals, in seinem einundzwanzigsten Jahre, der größte Mathematiker seiner Zeit und einer der größten aller Zeiten. Diese Entdeckung allein würde schon hingereicht haben seinen Namen unsterblich zu machen, ihm sollte sie jedoch nur als Werkzeug dienen, mit welchem er den Knoten der verschlungenen Planetenbewegungen löste. Ob er sie zu solchen Zwecken aufsparen wollte, ob er zu bescheiden war oder welchen Grund er sonst gehabt haben mag, so viel ist gewiß, daß er keine öffentlichen Mittheilungen über diese Entdeckung machte, sondern erst nach langen Jahren, als auch Leibnitz einen ähnlichen Weg betreten hatte und ihm den Vorrang zu entreißen drohte, durch seine Freunde fast gezwungen, sich zur Bekanntmachung entschloß.

Im Jahre 1666, als ihn die Pest in Cambridge bedrohte, zog er sich in die ländliche Ruhe nach Woolsthorpe zurück. Hier entstand die erste Grundlage seiner Theorie der allgemeinen Anziehung. Nach einer bekannten Erzählung soll er eines Tages sinnend unter einem Apfelbaume gesessen haben, plötzlich fällt ein Apfel zur Erde und Newtons Geist durchzuckt in demselben Augenblicke der Gedanke, sollte nicht dieselbe Kraft, die diesen Apfel zur Erde treibt, auch den Mond bewegen? Der Baum, von welchem dieser Apfel gefallen seyn soll, wurde noch vor mehren Jahren gezeigt und wird jetzt noch, nachdem ihn der Wind umgestürzt hat, zu einem Stuhle umgeformt, aufbewahrt.

Newton suchte sogleich die Folgen dieses Gedankens in der Weise zu entwickeln, wie ich es in §. 62 ausführlich gethan habe. Um aber die Fallgeschwindigkeit des Mondes zu berechnen, war es, wie sich der Leser von dorther erinnern wird, nöthig, die Größe des Halbmessers der Erde zu kennen. Newton war genöthigt sich an die Angaben zu halten, welche man damals hatte, die aber höchst unvollkommen waren. So fand er, weil er den Halbmesser der Erde zu klein genommen hatte, für den Fall des Mondes in einer Sekunde eine Zahl, die ungefähr um ein Siebentel kleiner war, als diejenige, welche sich aus den Beobachtungen ergibt. Statt aber die Schuld dieser Verschiedenheit auf die Angaben, deren er sich bediente, zu wälzen, war der große Mann bescheiden genug, seiner Vermuthung zu mißtrauen und legte die ganze Untersuchung bei Seite. Wer weiß wie lange die Sternkunde sich nicht über die Stufe erhoben hätte, auf welche sie Keppler brachte, wäre nicht Newton nach langem Zwischenraum durch einen glücklichen Zufall veranlaßt worden, seinen früheren Gedankengang wieder aufzunehmen. Im Sommer 1682 erfuhr er eines Tages in einer Versammlung der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften, daß ein französischer Astronom neue Messungen der Gestalt der Erde unternommen hätte. Aus den darauf bezüglichen Zahlenangaben fand Newton alsbald, daß der Durchmesser der Erde größer sey als man ihn früher angenommen hatte. Nun holte er seine alten Papiere hervor, um die Fallgeschwindigkeit des Mondes mit Hülfe dieser neuen Angaben nochmals zu berechnen. Im Laufe der Rechnung bemerkte er bald, daß das Ergebniß derselben seiner früheren Erwartung entsprechen würde; dieß brachte ihn aber in eine so fieberhafte Aufregung, daß er es einem Freunde überlassen mußte, die Rechnung zu vollenden, die denn auch wirklich die vollste Uebereinstimmung mit den Beobachtungen zeigte.

So war der erste Schritt gethan; Alles was Newton seither über die Gesetze der Bewegung gedacht und gefunden hatte, schloß sich nun zusammen und bald stand die Einrichtung des ganzen Sonnensystems klar vor seinen Augen. Vier Jahre nachher, im Frühling 1686, übergab er der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften sein Werk „Principia philosophiae naturalis“ welches die Resultate seiner Untersuchungen über das Sonnensystem enthält. Dieses Werk, welches man

eine der größten Thaten des menschlichen Geistes nennen muß, war die Frucht eines mehrjährigen unausgesetzten Nachdenkens; denn auch Newton selbst konnte die tiefen Gedanken, die es enthält, nicht ohne die größte Geistesanstrengung entwickeln. Oft blieb er in dieser Zeit, wenn er aus dem Bette steigen und sich anziehen wollte, plötzlich sitzen und Stundenlang halbnackt in dieser Stellung in tiefe Gedanken versenkt, selbst Essen und Trinken vergaß er, wenn er nicht daran erinnert wurde.

Im folgenden Jahre erschien dieses Werk im Druck. In England fand die Lehre der allgemeinen Anziehung alsbald eifrige Anhänger und Verbreiter, nicht so im Auslande. So einfach uns der Gedanke jetzt erscheint, daß sich alles Materielle wechselseitig anzieht, so schwer wurde es Newtons Zeitgenossen, selbst den bedeutendsten, sich damit zu befreunden. Huyghens und Leibnitz, die größten Mathematiker neben Newton, erklärten diese Lehre geradezu für Unsinn. Den meisten war ein unpartheiisches Urtheil unmöglich, weil sie in einer sonderbaren Ansicht über die Bewegung der Weltkörper befangen waren, die durch den berühmten Descartes in Umlauf gekommen war. Nach der Meinung dieses Philosophen und Mathematikers sollte nämlich der ganze Weltraum mit Wirbeln angefüllt seyn, und diese Wirbel sollten auch die Planeten um die Sonne herumführen. Jetzt ist diese Wirbeltheorie längst als eine Verirrung anerkannt, sie lebt nur noch in der Geschichte der Wissenschaft; damals wurde sie aber auf allen Universitäten als eine erhabene Wahrheit gelehrt, besonders in Frankreich, dem Vaterlande ihres Urhebers.

Voltaire war einer der ersten, welcher der Newton'schen Lehre diesseits des Kanals Eingang verschaffte. Er hatte sie auf seiner Reise nach England im Jahre 1728 kennen gelernt; dürfen wir seiner Versicherung glauben, so gab es damals, also vierzig Jahre nachdem Newtons Werk erschienen war, noch keine zwanzig Newtonianer außerhalb Englands. Nach seiner Rückkehr schrieb er seine Elements de la philosophie de Newton, eine für ihre Zeit sehr bemerkenswerthe Arbeit, in welcher zum ersten Male die Newton'schen Ansichten auf eine faßliche und sehr gefällige Weise vorgetragen waren. Der berühmte Spötter, welcher so manche Wahrheit mit Witz bekämpfte, hat das unstreitige Verdienst die Wahrheit der allgemeinen Anziehung mit Ernst verfochten zu haben. Der Kanz-

ler D'Aguesseaux, ein eingefleischter Anhänger der Lehre von den Wirbeln, versagte die Druckerlaubniß; indessen der Kampf des Preßzwanges gegen ein Naturgesetz war zu ungleich, die Schrift erschien im Jahr 1738. Die französische Akademie schwankte noch bis gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts zwischen Newton und Descartes. Zuletzt mußte die Wahrheit hier wie überall siegen. Die Beweise für die Richtigkeit der Newton'schen Lehre mehrten sich von Tag zu Tag, sie bestand alle Proben, die man ihr im weiten Gebiete der Natur stellen konnte. Wo sich einmal eine Ausnahme zu zeigen schien, da fand man bald, daß der Fehler in der Rechnung, nicht in der Lehre, lag. Gegenwärtig gibt es im ganzen Gebiete der Naturwissenschaften keine Wahrheit, die nur entfernt so fest begründet ist, als die Lehre von der allgemeinen Anziehung.

Was Newton in anderen Zweigen der Naturwissenschaft geleistet, muß ich hier mit Stillschweigen übergehen, doch werde ich im nächsten Abschnitte auf seine merkwürdigen Entdeckungen über die Natur des Lichtes zurückkommen, da auch diese mittelbar für die Sternkunde sehr wichtig geworden sind. Auch diese Untersuchungen, welche allein hinreichen würden, Newtons Ansprüche auf Unsterblichkeit zu begründen, begann er schon ehe er Cambridge im Jahre 1666 verließ. Es möchte schwer seyn, in der Bildungsgeschichte der Menschheit ein zweites Beispiel aufzufinden, daß ein Mann vor zurückgelegtem vierundzwanzigsten Lebensjahre drei so bedeutende Entdeckungen machte, wie die höhere Analysis, die allgemeine Anziehung und diese Untersuchungen über das Licht.

Im Jahre 1669 wurde er Professor der Mathematik an der Universität Cambridge und trat in die Stelle seines Lehrers Barrow, der zu seinen Gunsten abdankte. Seine äußere Stellung wurde dadurch gerade keine glänzende, doch konnte er ganz seiner Neigung leben. Lange Jahre blieb er in diesen Verhältnissen, ohne daß sich besonders merkwürdige Wechselfälle in seinem Leben darboten. Erst im Jahr 1687 riß ihn ein Zufall aus seiner Zurückgezogenheit und brachte ihn auf den Schauplatz öffentlicher Thätigkeit. Jakob der Zweite, welcher in der Absicht, den katholischen Glauben in England herzustellen, die Rechte seiner protestantischen Unterthanen rücksichtslos verletzte, hatte, neben anderen ungesetzlichen Maßregeln, auch die Universität Cambridge aufgegeben, um einen un-

wissenden Benediktinermöch zum Magister der freien Künste zu machen, ohne von ihm den durch die Statuten der Universität vorgeschriebenen Eid zu verlangen, welcher bekanntlich gegen den katholischen Glauben gerichtet ist. Die Universität widersetzte sich diesem Ansinnen trotz der wiederholten Befehle und Drohungen des Königs. Newton, der zu den eifrigsten Vertheidigern der Rechte der Universität gehörte, wurde nebst acht anderen Mitgliedern der Korporation nach dem hohen Gerichtshofe (high court) abgesandt und vertheidigte das Recht der Universität mit so viel Festigkeit, daß sich der König gezwungen sah, sein Vorhaben aufzugeben. Dieser Umstand, so wie Newton's wissenschaftliches Verdienst, veranlaßten wohl die Universität, ihn im folgenden Jahre zum Mitgliede des Parlaments zu wählen, welches, wie bekannt, den Thron für erledigt erklärte und Wilhelm von Oranien in's Land rief. Doch scheint Newton als Parlamentsmitglied keine bedeutende Rolle gespielt zu haben.

Im Jahre 1692 traf ihn und zugleich die Wissenschaft ein harter Fall. Ein brennendes Licht fiel in seiner Abwesenheit von seinem Schreibpulte und verzehrte neben anderen Papieren ein völlig ausgearbeitetes Werk über die Eigenschaften des Lichts. Newton, der bei seiner Rückkehr die Frucht vieljähriger Anstrengung in Asche verwandelt sah, entsetzte sich so sehr, daß er in eine heftige Nervenkrankheit verfiel, vielleicht sogar, wie glaubwürdige Berichte andeuten, auf einige Zeit des Gebrauchs seiner Geisteskräfte völlig beraubt wurde.

Bis zu seinem dreiundfünfzigsten Jahre hatte Newton, trotz seines großen wissenschaftlichen Rufes sich keiner Auszeichnung von Seiten der Regierung zu erfreuen. Während andere englische Gelehrte einträgliche Kirchen- oder Staatsämter erhielten, blieb er immer auf seine bescheidene Besoldung angewiesen, die er wahrscheinlich noch mit armen Verwandten theilte. Hatte er sich doch sogar im Jahre 1675 genöthigt gesehen, die Gesellschaft der Wissenschaften, in Betracht seiner bedrängten Verhältnisse, um Erlaß seines Beitrags anzugehen, welcher wöchentlich einen Schilling betrug! Im Jahre 1696 trat aber eine unverhoffte Aenderung in seinen Verhältnissen ein. Der Schatzkanzler Charles Montague faßte nämlich damals den Entschluß, die englischen Gold- und Silbermünzen, welche sich in den langjährigen Un-

ruhen sehr verschlechtert hatten, umzuprägen und wieder auf ihren ursprünglichen Werth zu bringen. Er übertrug Newton die Stelle eines Münzaufsehers, und in der That hätte er keine bessere Wahl treffen können, da Newton neben seinen mathematischen zugleich sehr ausgebreitete chemische Kenntnisse besaß. Drei Jahre später wurde Newton zu der noch einträglicheren Stelle eines Münzmeisters befördert. Ob er übrigens die Gunst des Schatzkanzlers blos der Entdeckung der allgemeinen Anziehung verdankte, oder, wie böse Zungen behaupten, der Anziehung, welche seine schöne Nichte auf den Schatzkanzler ausübte, mag dahin gestellt seyn.

Im Jahre 1703 wurde er zum Präsidenten der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften ernannt, welche Stelle er bis zu Ende seines Lebens behielt, das höchste Ehrenamt, welches einem englischen Gelehrten zu Theil werden kann. So lebte nun Newton sorgenfrei seinem Amte und der Herausgabe seiner Werke, mit immer steigendem Ruhme, den nun, freilich spät, auch der Hof zu verherrlichen suchte. Die Königin Anna ernannte ihn im Jahre 1705 zum Ritter. In noch nähere Beziehung zum Hofe kam er, als Georg der Erste den Thron bestieg; besonders zeichnete ihn die Prinzessin von Wales aus, die nachmalige Gemahlin Georg's des Zweiten.

Bis zu seinem achtzigsten Jahre erfreute er sich einer festen Gesundheit, in den fünf letzten Jahren seines Lebens litt er am Steine, dessen Beschwerden er jedoch durch eine geregelte Lebensweise sehr milderte. Nur die letzten zwanzig Tage litt er viel; doch hörte man ihn auch in den heftigsten Schmerzen keinen Schmerzenslaut ausstoßen, noch zeigte er Unruhe. Den 18 März las er noch die Zeitung, erst am Abend verlor er das Bewußtseyn und erhielt es nicht wieder. Zwei Tage darauf, den 20 März 1727 hauchte er seine große Seele aus.

Sein Leichnam wurde auf einem Prachtbette im Jerusalemssaale ausgestellt, eine Ehre, die nur Personen vom höchsten Range erzeugt wird. Sechs englische Pairs trugen ihn in die Westmünsterabtei, wo er am Eingange des Chors beigesetzt wurde. Ein prächtiges Denkmal ziert seine Grabstätte, doch das größte Denkmal hat er sich selbst in seinen Schriften gesetzt.

Elftes Hauptstück.

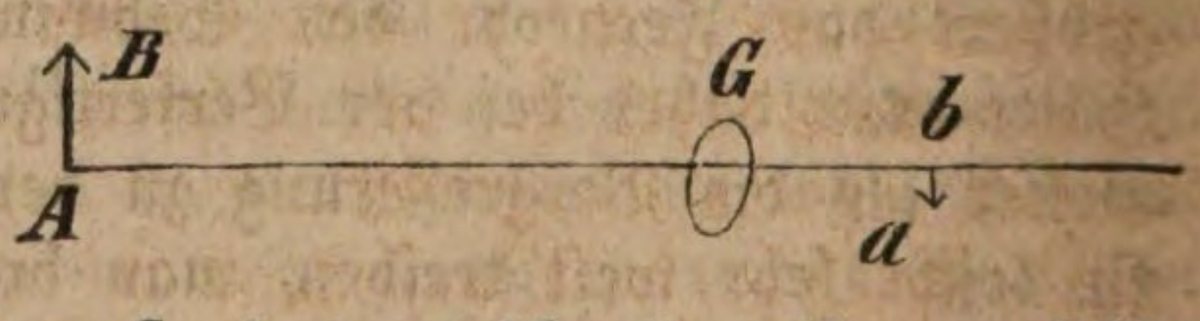
73. Die Untersuchungen, welche wir in den vorhergehenden Abschnitten vorgetragen haben, beziehen sich fast ausschließlich auf die Bewegung der Weltkörper, und beruhen gänzlich auf Beobachtungen, welche man mit unbewaffnetem Auge anstellen kann. Ueber die körperliche Beschaffenheit der Weltkörper dagegen ist, das Wenige, was die Erde betraf, abgerechnet (erstes Hauptstück), noch Nichts gesagt worden, weil das unbewaffnete Auge nur geringen Aufschluß darüber geben kann, weswegen auch den älteren Astronomen fast gar Nichts davon bekannt war. Gegenwärtig aber bilden die darauf bezüglichen Betrachtungen, deren Inbegriff man die Topographie des Himmels zu nennen pflegt, einen wesentlichen Theil der Sternkunde. Durch die Erfindung der künstlichen Sehwerkzeuge hat diese nämlich eine Erweiterung erhalten, deren Ende nicht abzusehen ist, indem wir fortwährend von einer Entdeckung zur anderen geleitet werden. Man hat nicht bloß bereits die körperliche Beschaffenheit der schon im Alterthume bekannten Planeten besser kennen gelernt, man hat auch neue entdeckt, man hat gefunden, daß um manche Planeten sich wieder andere Körper bewegen, gerade so, wie sich der Mond um die Erde bewegt. Man hat sich überzeugt, daß die Fixsterne, welche das unbewaffnete Auge sieht, nur einen kleinen Theil aller vorhandenen ausmachen, und daß diese Sterne, die man feste (fixe) nannte (§. 14), in Wahrheit mancherlei sehr merkwürdige Bewegungen haben. Man hat sich sogar überzeugt, daß es außer Planeten und Fixsternen noch andere in ihrem Bau wesentlich von ihnen verschiedene Weltkörper gibt, und ist überhaupt zu Vorstellungen über die Beschaffenheit der Weltkörper und ihre Anordnung im Weltraume gelangt, von welchen man Jahrtausende lang nicht die geringste Ahndung hatte. Alle diese Entdeckungen, welche nun in den folgenden Abschnitten weiter erörtert werden sollen, verdankt man den künstlichen Sehwerkzeugen, über welche ich daher zunächst einige Erläuterungen geben will.

Schon früher wurde bemerkt, daß wir einen Gegenstand

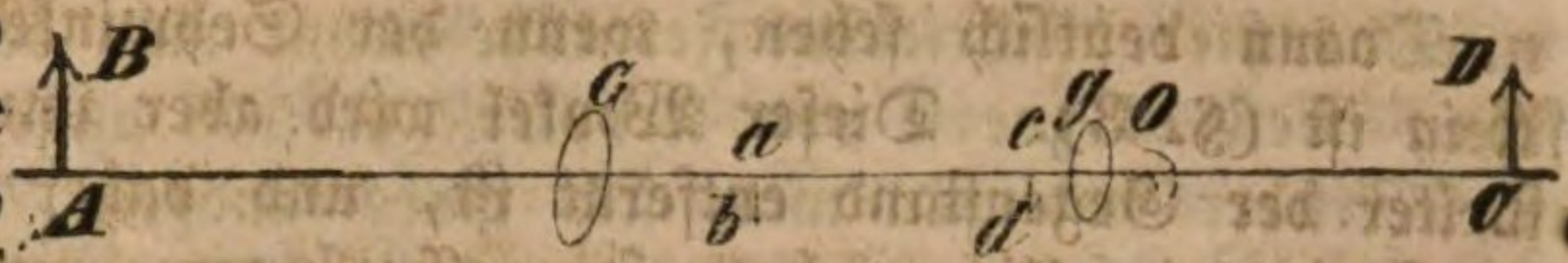
nur dann deutlich sehen, wenn der Sehwinkel nicht gar zu klein ist (§. 3). Dieser Winkel wird aber immer kleiner, je weiter der Gegenstand entfernt ist, und daher wird der Gegenstand undeutlich, sobald seine Entfernung zu groß ist. Die künstlichen Sehwerkzeuge besitzen nun die Eigenschaft, daß sie uns Gegenstände, welche dem unbewaffneten Auge unter einem zu kleinen Sehwinkel und daher nicht deutlich erscheinen, unter einem größeren Winkel, und also auch deutlicher, zeigen. Je mehr sie den Sehwinkel vergrößern, desto mehr leisten sie, wenn nicht andere Umstände, die ich noch vorläufig bei Seite setze, ihre Brauchbarkeit vermindern oder aufheben. Eine genauere Darstellung der Art und Weise, wie die künstlichen Sehwerkzeuge diese Vergrößerung des Sehwinkels bewirken, gehört in die mathematische Naturlehre; hier werde ich mich an die einfachen Ergebnisse der Erfahrung halten, was um so eher geschehen kann, da diese Werkzeuge wirklich zuerst nicht durch wissenschaftliches Nachdenken, sondern durch Zufall gefunden worden sind.

Man unterscheidet zwei Hauptklassen solcher Werkzeuge, das Fernrohr und das Spiegelteleskop.

Das astronomische Fernrohr besteht, in seiner einfachsten Gestalt, aus zwei eigenthümlich geschliffenen Gläsern. Man denke sich ein Stück Glas so geschliffen, daß seine vordere Fläche erhaben und zwar ein Stück einer Kugelfläche ist, die hintere Fläche kann entweder eben oder gleichfalls ein erhabenes Kugelstück seyn. Ein solches Glas nennt man, wegen seiner Gestalt ein Linsenglas oder kürzer eine Linse. Richtet man die eine Fläche gegen einen weit entfernten Gegenstand AB, so erzeugt sich hinter der anderen Fläche des Glases G ein kleines umgekehrtes Bild ab des Gegenstandes, welches das Brennbild heißt und dadurch sichtbar gemacht werden kann, daß man es mit einer weißen Fläche auffängt. Die Entfernung des Bildes von dem Glase ist eine genau bestimmte, und hängt von der Gestalt des Glases ab, man nennt sie die Brennweite des Glases. Man denke sich nun zwei solche Gläser G und g, von welchen das erste G eine größere Brennweite hat als das zweite g, hinter einander aufgestellt. Ein weit entfern-



ter Gegenstand AB, der seine Strahlen nach dem Glase G



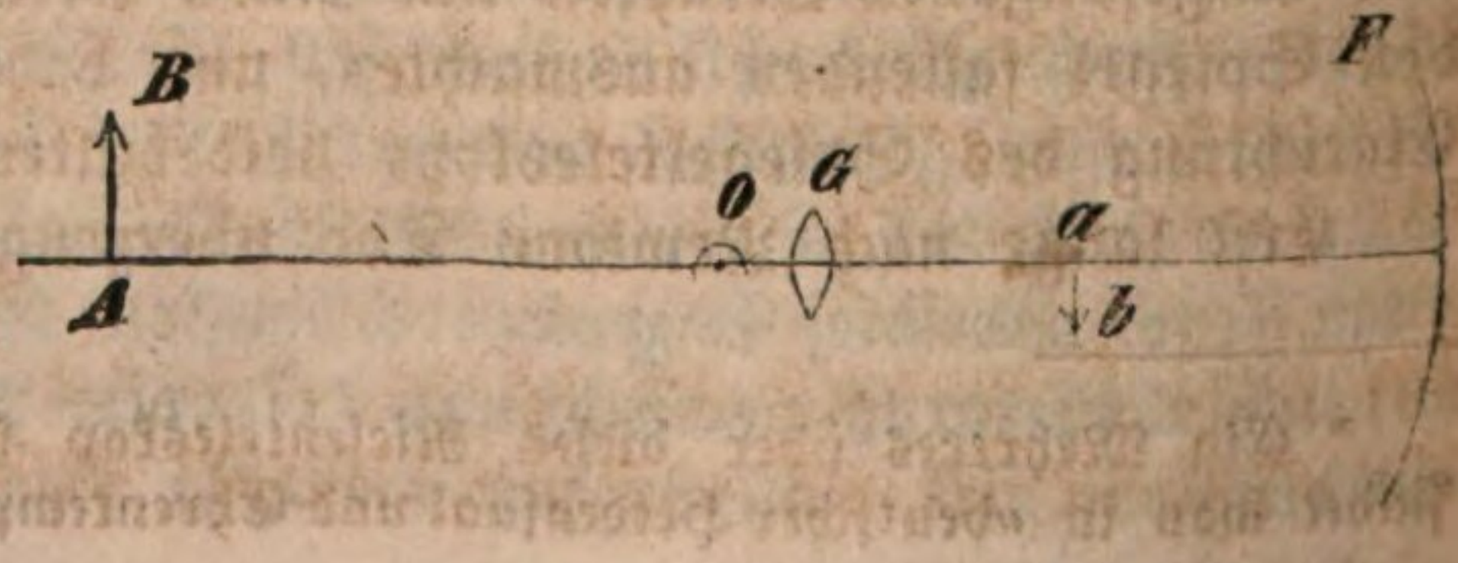
sendet, wird sich in ab abbilden; ein anderer weit entfernter Gegenstand CD, der seine Strahlen nach dem Glase g sendet, wird sich in cd abbilden. Rückt man nun die Gläser einander näher, bis die Brennbilder ab und cd zusammenfallen, so ist das einfache astronomische Fernrohr fertig. Ein Auge, welches unmittelbar hinter g in O steht, wird nämlich dann den Gegenstand AB deutlicher sehen, als wenn die Gläser nicht vorhanden wären. Hierbei ist wohl zu bemerken, daß man den Gegenstand immer umgekehrt sieht, ein Umstand, der, sobald man ihn kennt, bei astronomischen Beobachtungen durchaus nicht weiter stört. Das dem Gegenstande, welchen man sehen will, zugekehrte Glas G, welches die größere Brennweite hat, nennt man das Objektivglas, das andere, von kürzerer Brennweite, das Okularglas. Beide Gläser schließt man in eine Röhre ein, um das störende von der Seite einfallende Licht abzuhalten, und richtet es so ein, daß man das Okularglas noch etwas tiefer in die Röhre hineinschieben kann, weil eine solche Verschiebung nöthig ist, wenn ein Kurzsichtiger sich des Fernrohrs bedienen will. Je größer die Brennweite des Objektivs im Verhältniß zu der des Okulars ist, desto mehr wird auch der Sehwinkel durch das Fernrohr vergrößert, desto entferntere Gegenstände kann man mithin mit dessen Hülfe deutlich sehen. Beträgt z. B. die Brennweite des Objektivs 20 Zoll, die des Okulars einen Zoll, so vergrößert das Fernrohr den Sehwinkel um das zwanzigfache. Hätte man daher bei der Verfertigung eines Fernrohrs nichts weiter als die Vergrößerung zu berücksichtigen, so könnte man sie leicht sehr weit treiben, man brauchte nur immer ein Objektivglas von sehr großer Brennweite mit einem Okulare von sehr kleiner Brennweite zu verbinden. Allein wenn das Fernrohr ernstlich gebraucht werden soll, so muß es noch anderen Anforderungen genügen, namentlich darf der Raum, welchen man in demselben mit einem Male übersehen kann, nicht zu klein seyn und die Gegenstände müssen hinlänglich hell und deutlich erscheinen, wodurch noch besondere Anordnungen nöthig werden.

Das hier beschriebene Fernrohr nennt man das Kepplersche, weil es zuerst von Keppler (§. 50) angegeben worden ist. Früher bediente man sich eines anderen, welches man das Galileische nennt, wiewohl es nicht zuerst von Galilei, sondern wahrscheinlich schon im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts in Holland erfunden worden ist. Galilei (§. 52) erhielt im Frühling 1609 die Nachricht, daß in Holland ein Instrument verfertigt würde, durch welches man entfernte Gegenstände so sehen könnte, als ob sie sehr nahe wären. Er errieth fast sogleich dessen Einrichtung, und verfertigte sich nun selbst solche Instrumente, mit deren Hülfe er mehrere wichtige astronomische Entdeckungen machte. Das Galileische Fernrohr, welches, beiläufig bemerkt, die Gegenstände aufrecht zeigt, hat aber den Nachtheil, daß man mit demselben, wenn es sehr stark vergrößern soll, nur einen kleinen Raum übersehen kann. Es wird daher nur da gebraucht, wo keine starke Vergrößerung nöthig ist, wie z. B. bei unseren Theater-Perspektiven, welche eben nichts anderes sind, als kleine galileische Fernrohre. Zu astronomischen Zwecken dagegen bedient man sich ausschließlich des Keppler'schen Fernrohrs, dessen Einrichtung allmählich noch mancherlei Aenderungen erlitten hat.

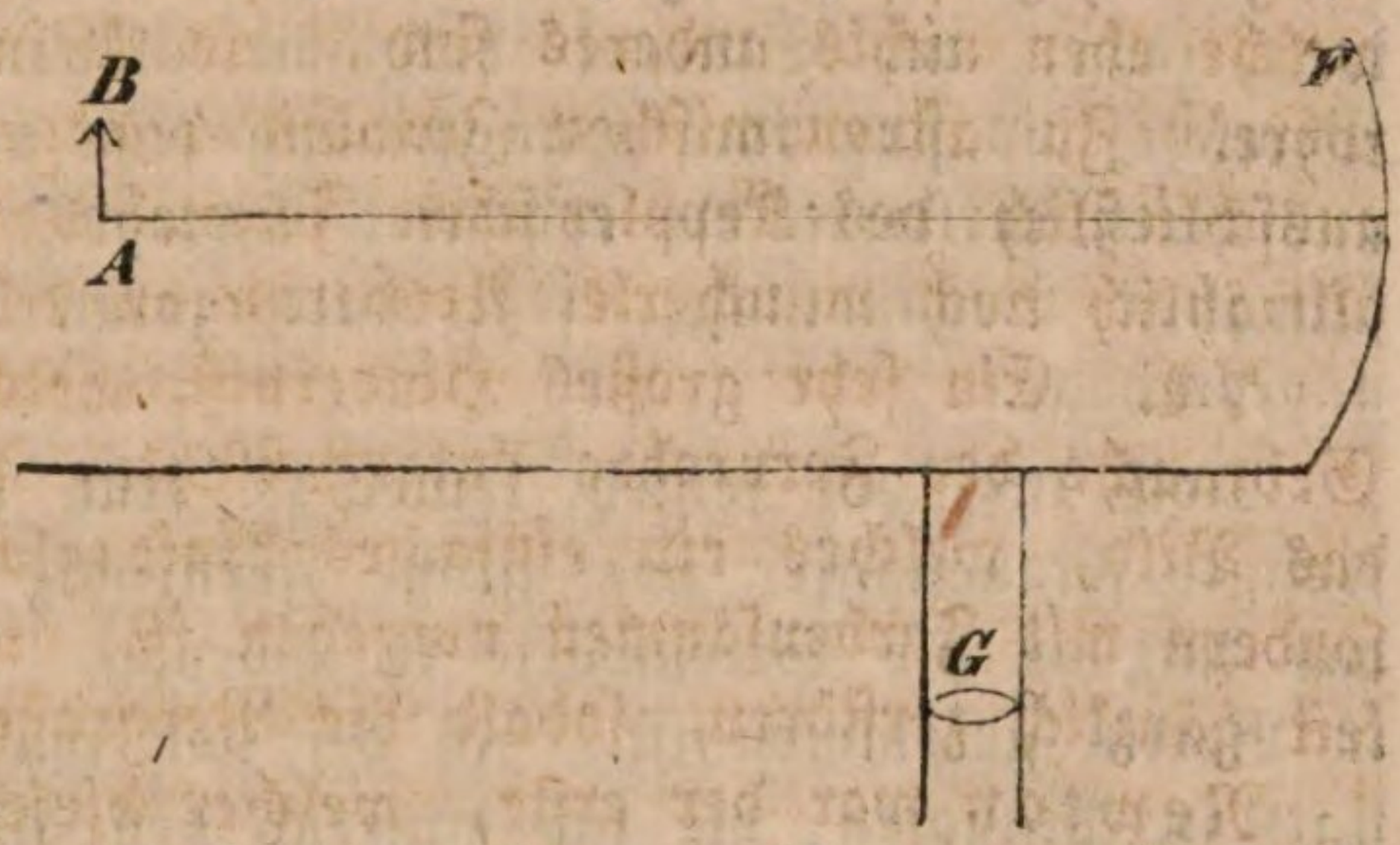
74. Ein sehr großes Hinderniß, welches sich früher dem Gebrauche der Fernrohre entgegensetzte, bestand darin, daß das Bild, welches ein einfaches Linsenglas gibt, nicht rein, sondern mit Farbensäumen umgeben ist, welche die Deutlichkeit gänzlich zerstören, sobald die Vergrößerung sehr stark ist.

Newton war der erste, welcher diesen Umstand genauer untersuchte (§. 72), und er glaubte sich überzeugt zu haben, daß dieses Hinderniß nicht zu überwinden sei. Er schlug daher ein anderes Instrument vor, welches farblose Bilder gibt.

Wenn man nämlich aus einer Metallmasse eine Kugelschaale bildet und die vertiefte Fläche polirt, so erhält man einen sogenannten Hohlspiegel. Steht ein weit entfernter Gegenstand AB vor der polirten Fläche F, so erzeugt sich in einer durch die Beschaffenheit des Spiegels bestimmten Entfernung —



der Brennweite — vor dem Spiegel ein kleines umgekehrtes Bild ab, welches ganz farblos ist. Bringt man nun ein Linsenglas G so an, daß dessen Brennbild mit dem Bilde ab zusammenfällt, und ist die Brennweite dieses Glases kleiner als die des Hohlspiegels, so wird ein Auge, welches in O steht und durch das Glas sieht, den entfernten Gegenstand deutlicher sehen, als wenn es ihn unmittelbar betrachtete. Diese Verbindung eines Hohlspiegels mit einem Linsenglase nennt man ein Spiegelteleskop. Da sich aber hier der Beobachter zwischen dem Gegenstande und dem Spiegel befinden muß, so entsteht hieraus die Unbequemlichkeit, daß er alle oder wenigstens viele Lichtstrahlen, welche von dem Gegenstande ausgehen und auf den Hohlspiegel fallen sollen, mit dem Kopfe auffängt. Um dieß zu vermeiden, änderte Newton die Einrichtung des Spiegelteleskops auf eine scharfsinnige Weise ab, die ich jedoch hier nicht weiter erklären werde und mich nur mit der Bemerkung begnüge, daß man bei dieser neuen Einrichtung den Gegenstand AB, der seine Strahlen auf den Spiegel F wirft, durch ein Glas G betrachtet, welches seitwärts in einer Röhre angebracht ist.



Besonders berühmt sind die großen Spiegelteleskope, welche der unsterbliche W. Herschel verfertigt hat, sowohl wegen ihrer Größe und Güte, als wegen der vielen Entdeckungen, welche er mit Hülfe derselben gemacht hat. Das Größte hatte einen Spiegel von 40 Fuß Brennweite, hier war die dem Gegenstande zugekehrte Oeffnung so groß, daß die vom Kopfe des Beobachters aufgefangenen Strahlen nur einen kleinen Theil aller auf den Spiegel fallenden ausmachten, und daher die ursprüngliche Einrichtung des Spiegelteleskops beibehalten werden konnte.*

Erst lange nach Newtons Tod überzeugte man sich, daß

---

* Ein Mehreres über dieses Riesenteleskop sowie Herschels Leben findet man in „deutscher Heldensaal und Ehrentempel.“ Theil 2.

der Mangel der Fernrohre, welcher von den farbigen Säumen des Bildes herrührt, gehoben werden kann. Wenn man nämlich das Objektiv und das Okular nicht aus einem Stücke Glase schleift, sondern mehrere Gläser aus verschiedenen Glassorten zusammensetzt, so kann man durch eine solche Verbindung, welche man ein achromatisches (farbloses) Glas nennt, ein vollkommen farbloses Bild erhalten.

Der erste, welcher solche farbenfreie Fernrohre verfertigte, war der englische Künstler Dollond. In neuerer Zeit hat aber der berühmte deutsche Künstler Frauenhofer achromatische Fernrohre verfertigt, welche sowohl in Rücksicht auf Güte wie auf Größe, alles weit übertreffen, was früher in dieser Beziehung geleistet worden ist, und seine Fernrohre haben die Spiegelteleskope wieder fast ganz und gar verdrängt, da sie bedeutende Vorzüge vor denselben haben. Die Teleskope sind zu manchen astronomischen Beobachtungen gar nicht zu brauchen, sie müssen, wenn sie stark vergrößern sollen, sehr lang seyn, der Spiegel bekömmt alsdann ein sehr großes Gewicht, so daß ihre Handhabung sehr beschwerlich ist, und außerdem verlieren die kostbaren Spiegel, selbst bei der sorgfältigsten Behandlung, sehr bald ihren Glanz und werden unbrauchbar.

Noch kurz vor seinem leider zu früh erfolgten Tode verfertigte Frauenhofer zwei große Fernrohre dieser Art, wovon das eine an die Sternwarte in Dorpat, das andere an die in Berlin gekommen ist. In der von ihm gegründeten Werkstatt in München, die sich dauernd den Ruf erhalten hat, die besten Fernrohre zu liefern, ist in neuester Zeit ein noch größeres für die Sternwarte in Pulkowa, bei Petersburg, ausgeführt worden.

Die Spiegelteleskope nennt man auch häufig Reflektoren, weil bei ihnen das Licht reflektirt, d. h. zurückgeworfen, wird, die Fernrohre dagegen Refraktoren, weil bei ihnen die Lichtstrahlen refrangirt, d. h. von der Richtung in der sie auf das Glas fallen, abgelenkt und gleichsam gebrochen werden. Wir haben schon früher (§. 5) von der Strahlenbrechung gesprochen.

75. Um die Sonne, welche die Astronomen durch das Zeichen ⊙ anzudeuten pflegen, bewegen sich elf Planeten, die

ich hier zunächst, nebst ihren Zeichen, in der Ordnung, wie sie weiter von der Sonne abstehen, hersetzen will:

☿ Merkur
♀ Venus
♁ Erde
♂ Mars
⚳ Vesta
⚴ Juno
⚵ Ceres
⚴ Pallas
♃ Jupiter
♄ Saturn
♅ Uranus.

Vor Erfindung des Fernrohrs waren nur die sechs ersten Planeten bekannt, die fünf anderen, welche mit unbewaffnetem Auge schwer oder gar nicht zu sehen sind, hat man erst in der neuesten Zeit entdeckt, worüber ich noch später ausführlicher berichten werde. Um einige Planeten, und mit ihnen um die Sonne, bewegen sich wieder andere Körper, die man ihre Monde nennt. So zunächst unser Mond, welchen man durch das Zeichen ☾ andeutet, um die Erde. Die übrigen Monde sind ebenfalls erst nach Erfindung des Fernrohrs entdeckt worden; vier bewegen sich um Jupiter, sieben um Saturn, sechs um Uranus. Diese neun und zwanzig Körper sind aber nur ein kleiner Theil der Bevölkerung unseres Sonnensystems; bei weitem größer ist die Anzahl der Kometen, von welchen später die Rede seyn wird.

Die Planeten beschreiben um die Sonne, als ihren Centralkörper, Ellipsen, indem sie hierbei die Keppler'schen Gesetze befolgen (achtes Hauptstück). Die Planeten sind ihrerseits wieder die Centralkörper ihrer Monde, um welche diese, ebenfalls die Keppler'schen Gesetze befolgend, Ellipsen beschreiben.

76. Die Sonne ist bei weitem größer als alle übrigen Körper des Sonnensystems und eine vollkommene Kugel; oder wenigstens ist die Abweichung von der Kugelgestalt so gering, daß sie durch unsere feinsten Meßwerkzeuge nicht angedeutet wird. Ihr Durchmesser beträgt in runden Zahlen 193000 Meilen, also, wenn man den Durchmesser der Erde zu 1720 Meilen annimmt, mehr als 112 Erddurchmesser. Hieraus

berechnet sich leicht, daß ihre Oberfläche ungefähr 12600 mal so groß als die Oberfläche der Erde, und ihr körperlicher Inhalt mehr als 1400000 mal so viel beträgt, als der körperliche Inhalt der Erde. Man könnte also aus der Sonne mehr als 1400000 Kugeln bilden, von welchen jede der Erdkugel gleich wäre.

Während die Oberfläche der Sonne dem unbewaffneten Auge als eine gleichmäßig leuchtende Fläche erscheint, bemerkt man, wenn man sie durch ein gutes Fernrohr betrachtet, fast immer größere oder kleinere dunkle Stellen die man Sonnenflecken nennt. Selten ist die Sonne ganz fleckenfrei, noch seltener sind die Flecken so groß, daß sie auch mit unbewaffnetem Auge gesehen werden können. Man hat aus älteren Zeiten einige Nachrichten über schwarze Stellen in der Sonne, aber diese Nachrichten zeigen zugleich, daß man keine klare Vorstellung von diesen Erscheinungen hatte. Erst nach Erfindung des Fernrohrs war es möglich, auch die häufig vorkommenden kleinen Flecken zu untersuchen, und die fortgesetzte Beobachtung derselben hat zu merkwürdigen Aufschlüssen, sowohl über den Bau des Sonnenkörpers als über die Beschaffenheit des Sonnenlichtes geführt. Einem deutschen Astronomen, Johann Fabricius aus Ostfriesland, gebührt die Ehre, solche mit dem Fernrohre angestellte Beobachtungen der Sonnenflecken zuerst im Jahre 1611 bekannt gemacht zu haben, die genauesten Aufschlüsse verdanken wir aber den Untersuchungen Wilhelm Herschels.

Den Beobachtungen der Sonnenflecken stellte sich zuerst die Schwierigkeit entgegen, daß es nicht ohne die größte Gefahr für das Auge möglich ist, mit oder ohne Fernrohr, anhaltend in die Sonne zu sehen. Das beste Mittel, diese Schwierigkeit zu beseitigen, besteht in der Anwendung von Blendgläsern, d. h. farbigen Gläsern, welche man vor das Okular des Fernrohrs bringt, und so die Stärke des Sonnenlichtes mildert. Die Sonne erscheint alsdann als eine helle Scheibe von der Farbe des Blendglases, in der sich die Flecken als dunkle Stellen zeigen. Weder über die Größe noch über die Gestalt der Flecken läßt sich etwas Bestimmtes angeben, da vielmehr hierbei die größte Mannigfaltigkeit obwaltet. Selten sind sie abgerundet, in der Regel eckig, oft mit sehr spitzen Winkeln. Bald erscheinen sie als feine Punkte, bald nehmen sie einen sehr ausgedehnten Raum ein, zuweilen

kommen sie einzeln vor, in anderen Fällen in Gruppen, die manchmal hunderte von Flecken enthalten. Oft erstrecken sich solche Fleckengruppen über einen großen Theil der Sonnenscheibe, ja es ist schon vorgekommen, daß sie den vierten Theil des Sonnendurchmessers und mehr bedeckten, mithin eine Ausdehnung von 50 bis 60 tausend Meilen haben mußten. Auch einzelne Flecken haben oft eine sehr große Ausdehnung. Da nämlich der Sonnendurchmesser von 193000 Meilen, in der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, unter einem Winkel von ungefähr 32 Minuten erscheint, so folgt, daß ein Raum auf der Sonne, der uns unter einem Winkel von einer Sekunde erscheint, mehr als hundert Meilen lang seyn muß. W. Herschel sah aber 1779 einen Flecken, der unter einem Winkel von 68 Sekunden erschien, also mehr als 6800 Meilen im Durchmesser haben mußte. Da man einen Flecken, der unter einem kleineren Winkel als eine Sekunde erscheint, nicht leicht mehr sieht, so folgt hieraus, daß sich beständig meilenlange Flecken auf der Sonne befinden können, ohne daß wir das Geringste von ihnen bemerken.

Die Flecken ändern auf die mannigfaltigste Weise ihre Gestalt. Sie wachsen und nehmen ab, lösen sich auch wohl ganz auf, trennen sich in mehrere oder fließen zusammen, so daß man selten von einem Tage zum andern einen bestimmten Flecken in derselben Gestalt wieder sieht. Hieraus kann man mit Sicherheit schließen, daß diese Erscheinungen nicht an festen Körpern statt haben, sondern ähnliche wechselnde Bildungen wie unsere Wolken sind. In der Regel sind die großen schwarzen Flecken — sogenannte Kernflecken — von mehr oder minder lichtschwachen grauen Flecken umgeben. Manchmal sieht man auch graue Flecken ohne schwarzen Kern.

Nach Herschels Ansicht hat man sich die Entstehung dieser Erscheinungen auf folgende Weise zu denken. Die Sonne ist keineswegs, wie man sich dieß wohl früher häufig dachte, ein glühender oder gar brennender Körper, sondern ein dunkler, ebenso wie unsere Erde. Auch ist sie, wie diese, von einer durchsichtigen lichtlosen Lufthülle umgeben, sie hat aber über dieser noch eine zweite, ihr eigenthümliche, luftförmige aber leuchtende Hülle. Was wir daher als Oberfläche der Sonne anzusehen pflegen, ist nicht die Oberfläche selbst, sondern diese leuchtende Hülle. Wird nun diese Lichthülle und

zugleich die darunter befindliche Lufthülle aus irgend einem in der Natur der Sonne liegenden Umstande zertheilt, etwa so wie die Wolken durch Stürme zerrissen werden, so sieht man die dunkle Oberfläche der Sonne selbst; dieß sind die Kernflecken. Wird aber nur die Lichthülle und nicht die darunter liegende Lufthülle zertheilt, so sieht man diese vermöge der Zurückwerfung des Lichtes, welches sie von der darüber liegenden Lichthülle erhält, schwachleuchtende Lufthülle; dieß gibt die grauen Flecken. Werden endlich beide Hüllen zertheilt, die Lichthülle jedoch in größerer Ausdehnung als die Lufthülle, so sieht man einen schwarzen Flecken, der von einem grauen umgeben ist. Die schwarzen Stellen liegen hiernach tiefer als die grauen, was auch schon Andere vor Herschel aus ihren Beobachtungen geschlossen haben.

Hieraus erklärt sich zugleich noch eine andere Erscheinung. Man bemerkt nämlich häufig Stellen auf der Sonne, welche viel heller als die übrige leuchtende Oberfläche sind, und die man ebendeßwegen Fackeln oder Lichtadern nennt. Besonders häufig sind die grauen Flecken von solchen Lichtadern umgeben. Nach Herschels Ansicht entstehen sie dadurch, daß der Lichtstoff an manchen Stellen mehr verdichtet ist, und daß dieß namentlich da der Fall ist, wo die Lichthülle, wie am Rande der grauen Flecken, durch das Zerreißen mehr zusammengedrängt wird.

Herschel glaubte, daß die Anwesenheit der Sonnenflecken eine große Wärme auf der Erde zur Folge hätte, so daß in den Jahren, in welchen sich viele Sonnenflecken zeigten, auch die Sommer sehr heiß seien. Andere haben im Gegentheil die Ansicht ausgesprochen, das Vorhandenseyn großer Flecken müsse eine Verminderung der Wärme zur Folge haben, weil alsdann ein kleinerer Theil der Sonnenfläche als sonst Licht und Wärme ausstrahle. Unsere Erfahrungen sind noch viel zu mangelhaft, um darüber zu entscheiden, und wissenschaftliche Gründe reichen um so weniger aus, da die Mittel, welche die Natur anwendet, um das Sonnenlicht und die Sonnenwärme zu erzeugen, bis jetzt noch in ein undurchdringliches Dunkel gehüllt sind.

77. Bei fortgesetzter Beobachtung sieht man die Flecken auf der Sonnenscheibe fortrücken, und zwar so, daß sie in $13^3/_4$ Tagen über die ganze Fläche wegrücken. Dann ver-

schwinden sie am Sonnenrande, und bleiben eben so lange verborgen, alsdann aber erscheinen sie wieder, wenn sie sich nicht, wie dieß meistens der Fall ist, früher aufgelöst haben, am entgegengesetzten Sonnenrande, so daß sie mithin in $27^1/_2$ Tagen einmal ihren Lauf vollenden. Da aber die Flecken Theile der Sonne selbst sind, so folgt hieraus die merkwürdige Thatsache, daß die Sonne, ebenso wie die Erde, sich um eine Achse dreht, und zwar, wie aus der Richtung der Bewegung der Flecken folgt, ebenfalls von Westen nach Osten. Hätte man diese Thatsache von Alters her gekannt — und sie würde nicht verborgen geblieben seyn, wenn die Flecken dem unbewaffneten Auge sichtbar wären —, so würde man gewiß auch die Achsendrehung der Erde nicht bezweifelt haben.

Da die Flecken $27^1/_2$ Tage zu ihrem Umlaufe brauchen, d. h. um wieder in dieselbe Lage gegen den Beobachter auf der Erde zu kommen, so folgt hieraus, daß die Dauer der Achsendrehung der Sonne weniger als diese Zeit betragen muß. Denn während der Flecken fortrückt, rückt auch die Erde in derselben Richtung, von Westen nach Osten, fort. Der Flecken muß also, um wieder in dieselbe Lage gegen die Erde zu kommen, nicht bloß einen ganzen Kreis, sondern noch ein Stück mehr durchlaufen. Da nun die Erde in $27^1/_2$ Tagen ungefähr eben so viel Grade durchläuft (§. 33 S. 79), so muß der Flecken in dieser Zeit außer den 360 Graden eines ganzen Kreises noch $27^1/_2$ Grad durchlaufen, und hieraus folgt, daß er um 360 Grad zu durchlaufen, ungefähr 25 Tage 13 Stunden braucht. Dieß ist daher die wahre Umdrehungszeit der Sonne. An eine scharfe Bestimmung dieser Zeit ist bis jetzt noch nicht zu denken, da die Flecken, wie ich schon bemerkt habe, höchst veränderlich sind und selten längere Zeit hindurch beobachtet werden können.

Wiewohl die Sonne etwa 25 mal mehr Zeit zu einer vollen Umdrehung braucht als die Erde, so bewegt sich doch ein Punkt, z. B. des Sonnenäquators, viermal schneller fort als ein Punkt des Erdäquators. Denn da der Durchmesser der Sonne 112 mal größer als der der Erde ist, also in demselben Verhältnisse auch die Länge des Sonnenäquators größer als die des Erdäquators ist, so durchläuft ein Punkt des Sonnenäquators in $25^1/_2$ Tagen einen Kreis, der 112 mal

so groß ist, als der, welchen die Erde in einem Tage durchläuft.

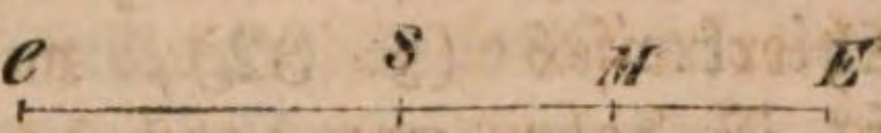
Uebrigens ergibt sich auch noch aus der Achsendrehung der Sonne mit Sicherheit, daß sie wirklich eine Kugel ist, da nur eine solche in allen Lagen dem entfernten Beobachter als kreisförmige Scheibe erscheinen kann.

Den Durchmesser, um welchen sich die Sonne dreht, nennt man die Sonnenachse, seine Endpunkte die Pole, den Kreis auf der Oberfläche der Sonne, auf welchem die Achse senkrecht steht, den Aequator der Sonne. Aus der Richtung, in welcher sich die Flecken über die Sonnenscheibe bewegen, hat man geschlossen, daß die Sonnenachse unter einem Winkel von ungefähr $82^1/_2$ Grad gegen die Erdbahn geneigt ist, d. h. mit anderen Worten, daß der Aequator der Sonne gegen die Erdbahn eine Neigung von $7^1/_2$ Grad hat. Die größeren Flecken, so wie die Fackeln zeigen sich in der Regel nur in den Theilen der Sonnenscheibe, die nicht über 30 Grad auf beiden Seiten vom Sonnenäquator entfernt sind, und es scheint mithin, als ob ihre Entstehung von örtlichen Umständen bedingt sei.

78. Die Sonne wird beständig von einem blassen Lichte begleitet, welches man das Zodiakallicht (Thierkreislicht) nennt, weil es sich in Gestalt eines Dreiecks, das mit seiner Grundlinie auf dem Horizonte ruht, durch die Sterne des Thierkreises (§. 32), nahezu längs der Ekliptik, fortzieht. Es ist daher nur dann deutlich zu sehen, wenn die Sterne des Thierkreises hoch am Himmel stehen; in unseren Gegenden im Februar und März in den Abendstunden, im September und Oktober in den Morgenstunden. In älteren Zeiten scheint es in Europa ganz unbemerkt geblieben zu seyn. Die erste unzweifelhafte Beschreibung desselben findet sich in einer Schrift des Engländers Childrey vom Jahre 1659. Allgemein bekannt wurde es erst, seitdem der berühmte Astronom Cassini, der ihm auch den Namen Zodiakallicht gab, im Jahre 1683 genauere Beobachtungen darüber anstellte. Seine Helligkeit ist in verschiedenen Jahren sehr ungleich, so daß es mitunter kaum zu sehen ist, während es wieder oft die hellsten Stellen in der Milchstraße an Glanz übertrifft. In der Regel ist sein Schimmer in der Mitte, einige Grade über dem Gesichtskreis, am stärksten. Die Ausdehnung desselben

ist schwer zu bestimmen, da sowohl die Breite wie die Höhe zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden ist. Gewöhnlich ist es weiß, ins Röthliche schimmernd, bei heiterem Himmel auch wohl auffallend roth; in Aegypten soll es dem Scheine eines entfernten Brandes ähnlich seyn. Zwischen den Wendekreisen zeigt es sich regelmäßig fast jeden Morgen und Abend, weswegen es auch dort bereits viel länger als in Europa bekannt ist. Es ist dieß nicht bloß eine Folge des Umstandes, daß dort der Himmel viel heiterer, und die Dämmerung, welche seine Sichtbarkeit hindert, sehr kurz ist (§. 30), sondern es rührt auch daher, daß dort ein Theil des Thierkreises immer sehr hoch über dem Horizonte steht. Die Natur des Zodiakallichtes ist noch sehr dunkel, so viel ist jedenfalls gewiß, daß es aus einem sehr feinen Stoffe bestehen muß, da man die kleinsten Sterne durch dasselbe erblickt. —

79. Der Planet **Merkur** ist der Sonne näher als irgend ein anderer. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt beinahe 8 Millionen Meilen, aber da seine Bahn sehr gestreckt ist, so kommt er einerseits der Sonne bis auf ungefähr $6^1/_4$ Millionen Meilen nahe, während er sich andererseits auch wieder bis beinahe $9^3/_5$ Millionen Meilen von ihr entfernt. Aus diesem Grunde ändert sich auch seine Entfernung von der Erde sehr bedeutend. Ist er in seiner größten Entfernung von der Sonne in



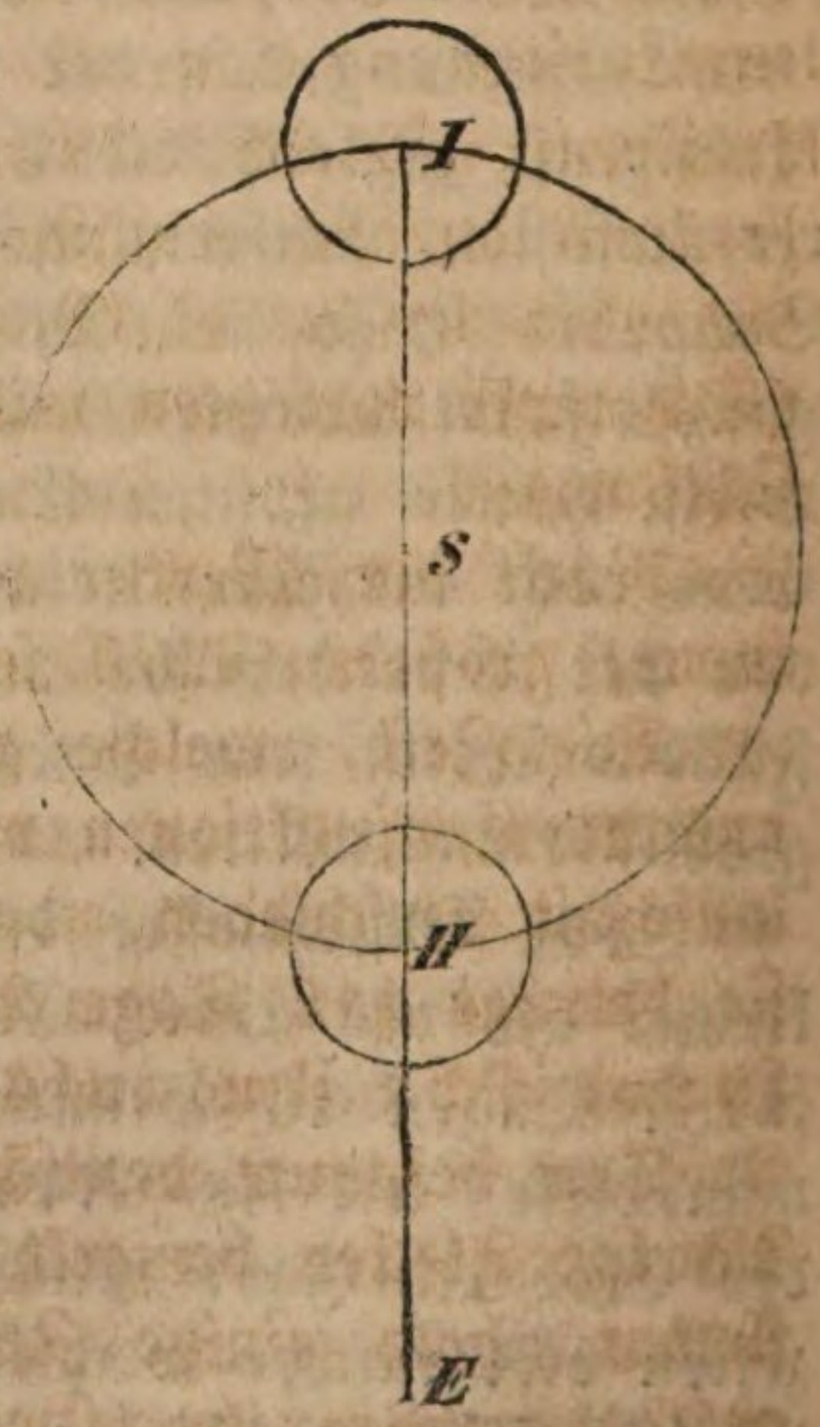
M und ist zugleich die Erde in ihrer kleinsten Entfernung von der Sonne in E, so steht Merkur nicht ganz elf Millionen Meilen von der Erde ab, während, wenn er in seiner größten Entfernung von der Sonne in M, die Erde aber in ihrer kleinsten Entfernung e ist, sein Abstand von der Erde beinahe 30 Millionen Meilen beträgt; im ersten Falle erscheint sein Durchmesser daher auch etwa dreimal so groß als im zweiten.

Sein Durchmesser beträgt 670 Meilen, er ist also viel kleiner als die Erde. Er vollendet seine Bahn um die Sonne in 87 Tagen 23 Stunden 15 Minuten 46 Sekunden; nennt man diese Zeit ein **Merkurjahr**, wie man die Umlaufszeit der Erde ein Jahr nennt, so sieht man, daß dort die Jahreszeiten viel rascher wechseln als bei uns, und daher auch die Verhältnisse der Wärme, der Pflanzenwelt u. s. w. ganz andere

seyn werden. Die Merkurbahn liegt übrigens nicht in derselben Ebene wie die Erdbahn, sondern hat gegen diese eine Neigung von ungefähr 7 Grad.

Da die Erde immer weiter von der Sonne entfernt ist als Merkur, so kann es nie vorkommen, daß die Erde zwischen Merkur und der Sonne steht, d. h. daß wir Merkur und Sonne nach entgegengesetzten Seiten sehen. Vielmehr erscheint uns, bei der großen Entfernung, in welcher wir uns von Merkur befinden, sein Abstand von der Sonne immer unter einem kleinen Winkel, welcher höchstens etwas über 27 Grad betragen kann. Mit anderen Worten: wir sehen Merkur immer in der Nähe der Sonne, und folglich auch nur in der Abend- und Morgendämmerung. Aus diesem Grunde war er vor Erfindung des Fernrohrs schwer zu sehen, und die alten Astronomen verdanken seine Kenntniß wohl nur dem Umstande, daß die Sternkunde unter dem heiteren Himmel Asiens ihren Ursprung nahm; der große Kopernikus hat ihn nie gesehen. Sein Licht ist weiß und blitzend.

Nach Erfindung des Fernrohrs bemerkte man am Merkur dieselben Erscheinungen, die man mit unbewaffnetem Auge bei dem Monde sieht, nämlich einen regelmäßigen Lichtwechsel. Diese Erscheinung erklärt sich, ähnlich wie beim Monde, aus der Annahme, daß der Merkur kein selbstleuchtender Körper ist, sondern von der Sonne erleuchtet wird, und es liegt in dieser Erscheinung ein unumstößlicher Beweis für das Kopernikanische System, da sie ganz anders seyn müßte, wenn sich Merkur um die Erde bewegte.



Steht die Erde in E, die Sonne in S, Merkur in I, wo er sich alsdann, wie man sagt, in der oberen Conjunktion befindet, so ist seine ganze erleuchtete Halbkugel der Erde zugekehrt, und er wird als volle Scheibe gesehen, wenn er nicht in einem Punkte seiner Bahn ist, wo er sich nur wenig über die Ebene der Erdbahn erhebt und daher von der Sonne verdeckt

wird. Je mehr er sich von dieser Lage entfernt und der Lage II nähert, desto kleiner wird das erleuchtete Stück, welches man von der Erde aus sieht. In II, das ist, wie man sich ausdrückt, in seiner unteren Conjunktion, kehrt er der Erde seine unerleuchtete Halbkugel zu. Wenn er dann der Ebene der Erdbahn nahe genug steht, sieht man ihn vor der Sonnenscheibe vorüber gehen, was man einen Durchgang des Merkur nennt. Er verdeckt nämlich dann einen kleinen Theil der Sonne, und erscheint auf derselben als ein scharf begränzter ganz schwarzer Kreis. Indessen ist er zu klein, als daß man ihn dann noch mit unbewaffnetem Auge sehen könnte, weswegen auch vor Erfindung des Fernrohrs kein solcher Durchgang beobachtet worden ist. Die erste Beobachtung dieser Art wurde den 7. November 1631 angestellt; Keppler, der sie nicht mehr erlebte, hatte sie schon 1627 voraus berechnet.

Aus der Beschaffenheit seiner Bahn folgt, daß Merkur gegenwärtig nur im Mai und November in den Punkten seiner Bahn seyn kann, bei welchem ein Durchgang möglich ist, und zwar kommen in unserem Jahrhundert noch folgende vor:

8.	Mai	1845
9.	November	1848
11.	November	1861
4.	November	1868
6.	Mai	1878
*7.	November	1881
*9.	Mai	1891
10.	November	1894.

(Die zwei vorletzten mit * bezeichneten sind in Europa nicht sichtbar.)

Rückt der Merkur von II nach I fort, so wird wieder ein immer größerer Theil seiner erleuchteten Scheibe sichtbar.

Die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden unteren Conjunktionen verfließt, ist natürlich von seiner Umlaufszeit verschieden, da auch die Erde unterdessen fortrückt; sie beträgt 115 Tage 21 Stunden; diese Zeit nennt man die synodische Umlaufszeit des Merkur.

Der bekannte deutsche Astronom Schröter glaubte auf dem Merkur Flecken bemerkt zu haben, welche wie die Sonnenflecken, bald einige Zeit fortrückten, bald sich auch wieder auflösten oder ihre Gestalt änderten. Er schloß aus ihrer

Bewegung, daß sich Merkur in ungefähr 24 Stunden von Westen nach Osten um eine Achse dreht, welche gegen seine Bahn um ungefähr 70 Grad geneigt ist, so daß also die Umdrehungszeit des Merkur ungefähr dieselbe, wie die der Erde wäre. Indessen sind diese Beobachtungen sehr zweifelhaft, und noch weniger Vertrauen verdienen diejenigen, aus welchen Schröter folgerte, daß es auf beiden Halbkugeln des Merkur Berge gibt, welche bis zur Höhe von zwei Meilen ansteigen.

80. Dem Merkur am nächsten ist Venus. Ihre elliptische Bahn ist wenig von der Kreisform verschieden, weniger als die irgend eines anderen Planeten. Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt etwas über 14 Millionen und 900000 Meilen, die größte etwas über 15 Millionen Meilen, die kleinste etwas über 14 Millionen 800000 Meilen. Ihre Umlaufszeit beträgt 224 Tage 16 Stunden 49 Minuten 8 Sekunden, ihre Bahn ist um ungefähr 3 Grad 23 Minuten gegen die Erdbahn geneigt. Ihr Durchmesser beträgt ungefähr 1700 Meilen, also fast eben so viel als der Durchmesser der Erde. Sie kann der Erde bis auf fast fünf Millionen Meilen nahe kommen, während sie sich andererseits um ungefähr 36 Millionen Meilen davon entfernen kann. Damit ist dann natürlich eine beträchtliche Veränderlichkeit des Winkels, unter welchem wir die Venus sehen, verbunden. In ihrer größten Entfernung erscheint ihr Durchmesser unter einem Winkel von 9 Sekunden, während er bei ihrer größten Nähe unter einem Winkel von 64 Sekunden gesehen wird.

Indessen ist sie gerade im letzteren Falle schlecht oder gar nicht zu sehen. Die Venus ist nämlich ebenfalls ein dunkler Körper, der nur von der Sonne erleuchtet wird. Wie Merkur erscheint sie daher in verschiedenen Lichtgestalten. Dieß war eine der ersten Entdeckungen, welche Galilei 1610 mit Hülfe des Fernrohrs am Himmel machte, eine Entdeckung, die damals um so wichtiger war, weil man Kopernikus den Einwurf gemacht hatte, daß Venus, wenn sie sich wirklich um die Sonne bewegte, in verschiedenen Lichtgestalten erscheinen müsse, wovon man doch nichts wahr nähme. Kopernikus hatte schon hierauf geantwortet, daß dieß auch gewiß der Fall sei, nur könne man es wegen der großen Entfernung des Planeten nicht bemerken. Durch Galilei's Entdeckungen wurde dieser Einwurf gänzlich weggeräumt, und die Lehre des

Kopernikus durch einen neuen unumstößlichen Beweis noch sicherer begründet.

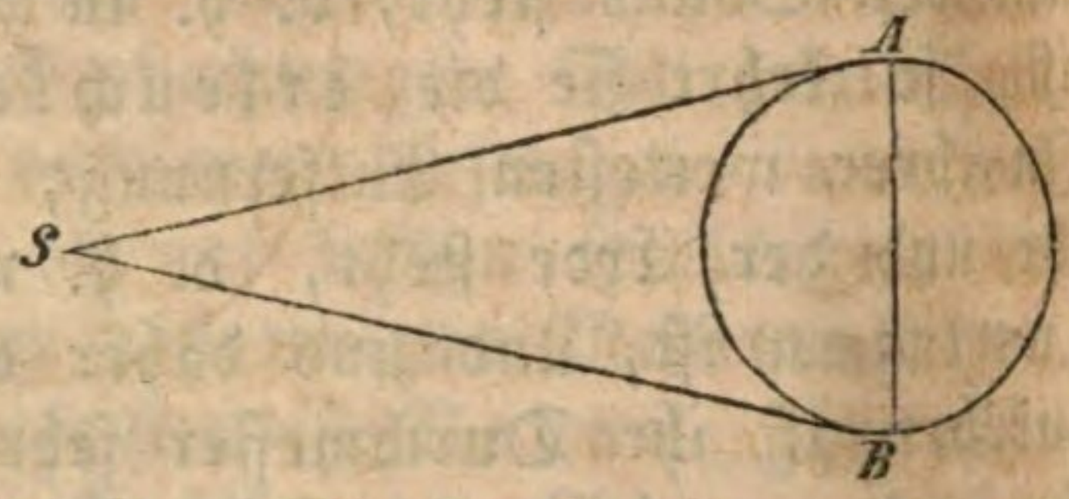
Ist uns Venus am nächsten, so daß sie also zwischen uns und der Sonne steht, d. h. in der unteren Conjunktion ist, so kehrt sie die erleuchtete Seite völlig von uns ab. In ihrer weitesten Entfernung, wo also die Sonne zwischen ihr und der Erde steht, d. h. wo sie in der oberen Conjunktion ist, und uns daher die ganze erleuchtete Scheibe zukehrt, ist ihr Durchmesser sehr klein. Am hellsten erscheint sie uns ungefähr 70 Tage vor und nach der unteren Conjunktion, obgleich ihr Durchmesser dann nur 38 Sekunden beträgt und sie nur halb erleuchtet ist.

Da auch die Venusbahn von der Erdbahn eingeschlossen wird, so kann es nie kommen, daß man Sonne und Venus nach entgegengesetzten Seiten am Himmel sieht; aber weil sie uns viel näher als Merkur ist, so sehen wir sie auch in viel größerer Entfernung von der Sonne, und zwar kann diese bis 48 Grad betragen. Aus diesem Grunde kann Venus mehr als drei Stunden vor dem Aufgange und nach dem Untergange der Sonne mit nnbewaffnetem Auge gesehen werden, und eben deßwegen ist sie auch schon in alter Zeit als Morgenstern und Abendstern bezeichnet worden.

81. Wie Merkur, und aus demselben Grunde, wird auch Venus manchmal (doch seltener) als ein schwarzer runder Flecken, auf der Sonnenscheibe fortrückend, gesehen, was man einen Durchgang der Venus nennt. Der erste Durchgang der Venus, welcher nach Erfindung des Fernrohrs beobachtet wurde und ebenfalls schon von Keppler voraus berechnet war, hatte am 4. Dezember 1639 statt, dann folgte ein Durchgang am 6. Juni 1761 und ein anderer am 3. Juni 1769. Seit dieser Zeit hat noch keiner wieder statt gefunden, die nächsten werden den 8. Dezember 1874 und den 6. Dezember 1882 statt haben, doch ist nur der zweite in Europa sichtbar.

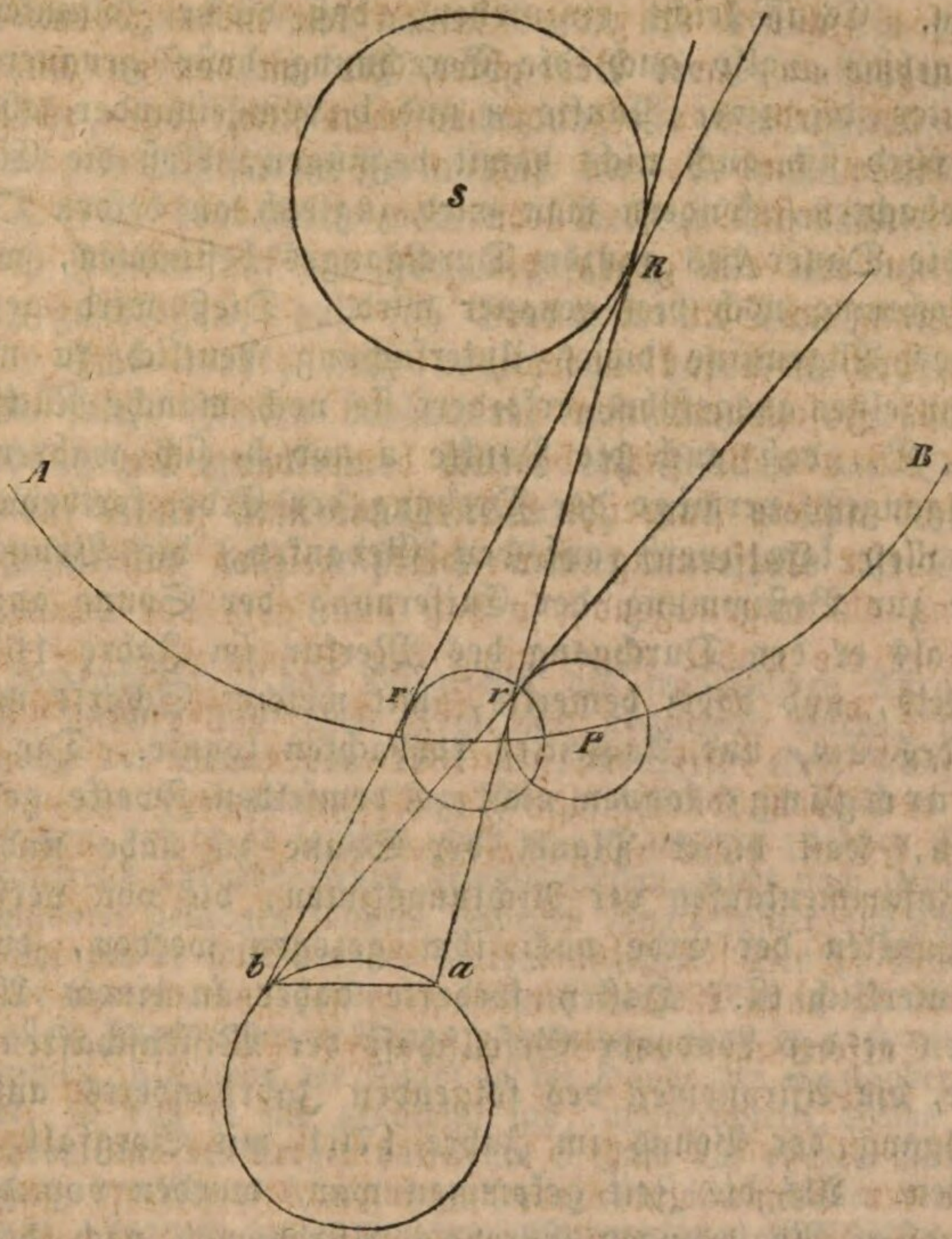
Für die Sternkunde ist die Beobachtung der Venusdurchgänge höchst wichtig, indem sie das einzige bis jetzt bekannte Mittel darbietet, die Entfernung der Erde von der Sonne mit großer Schärfe zu bestimmen. Das Verfahren, die Entfernung außerirdischer Gegenstände zu finden, von welchem ich früher (§. 12) gesprochen habe, und welches noch sehr gut anwendbar ist, um die Entfernung des Mondes zu finden, kann

in diesem Falle keine große Genauigkeit mehr geben. Denn man nehme an, zwei Beobachter, die um den ganzen Durchmesser der Erde von einander entfernt sind, zögen zu gleicher Zeit Linien nach S, wo sich die Sonne befindet, so würde die Standlinie AB gegen die Entfernung der Sonne von derselben, doch noch so klein seyn, daß das Zusammenlaufen der Linien AS und BS nicht deutlich bemerkbar wäre.



Auch andere sinnreiche Mittel, die man früher zur Auffindung dieser Entfernung anwendete, zeigten sich in der Erfahrung als ungenügend, so daß man noch vor hundert Jahren über die wahre Entfernung der Sonne von der Erde sehr ungewiß war. Erst Halley, einer der ausgezeichnetsten Schüler Newtons, hatte den glücklichen Gedanken, die Beobachtung der Venusdurchgänge zu diesem Zwecke vorzuschlagen. Schon früher hatte man daran gedacht, auf einem anderen Wege durch Hülfe der Venus zum Ziele zu gelangen. Da uns nämlich dieser Planet in der unteren Conjunktion fast viermal so nahe ist als die Sonne, so muß sich alsdann auch seine Entfernung von der Erde mit viel größerer Schärfe finden lassen, als die der Sonne. Da nun nach dem dritten Keppler'schen Gesetze (§. 49) aus den bekannten Umlaufszeiten der Venus und Erde auch das Verhältniß ihrer Entfernungen von der Sonne gefunden werden kann, so kann man, sobald die Entfernung der beiden Planeten von einander bekannt ist, auch leicht die Entfernung eines jeden von der Sonne berechnen. Indessen konnte dieser Versuch ebenfalls zu keinem genauen Resultate führen, weil die Venus, wie ich früher bemerkt habe, gerade um die Zeit der unteren Conjunktion nur schlecht zu sehen ist. Nur in dem Falle, wenn sie vor der Sonnenscheibe vorübergeht, kann sie auf dieser deutlich bemerkt werden.

Man denke sich der Kreis, dessen Mittelpunkt durch S bezeichnet wird, bezeichnen die Sonnenscheibe, der Bogen AB die Bahn der Venus, a sei ein Ort auf der Erde. Befindet sich nun der Planet in P, so daß die Linie, welche von a nach den Rand R der Sonne gezogen wird, zugleich den Rand r des Planeten streift, so sieht man von a aus, wie



der Planet eben die Sonne berührt, oder in dieselbe eintritt. In b dagegen sieht man den Planeten noch nicht bei der Sonne, da die Linie br nicht mit der Linie bR zusammenfällt; er muß erst fortrücken, bis sein Rand in r' wieder die von b nach R gezogene Linie streift, oder man sieht nun in b den Planeten in die Sonne eintreten. Ist sowohl in a wie in b ein Beobachter, und jeder mit einer guten Uhr versehen, so können sie mit großer Genauigkeit den Zeitunterschied bestimmen, welcher zwischen dem Eintritte an dem einen und dem anderen Orte statt hat. Aus diesem Zeitunterschiede kann man aber die Neigung der zwei Linien aR und bR bestimmen, und da man auch die Entfernung der zwei Punkte a und b kennt, so kann man hieraus die Größe der Linien aR und bR, oder die Entfernung der Sonne von der Erde, be-

rechnen. Es ist leicht einzusehen, daß dieser Zeitunterschied desto größer, also auch die Berechnung desto genauer wird, je weiter die zwei Punkte a und b von einander abstehen. Man wird sich auch nicht damit begnügen, bloß die Eintritte zu beobachten, sondern man wird zugleich an beiden Oertern auch die Dauer des ganzen Durchganges bestimmen, wodurch die Rechnung noch viel genauer wird. Dieß wird genügen, um das Allgemeine dieser Untersuchung deutlich zu machen. Im Einzelnen ausgeführt, erfordert sie noch manche Rücksichten, wie z. B., daß auch die Punkte a und b sich während des Durchganges, vermöge der Drehung der Erde, fortbewegen.

Halley kam zuerst auf den Gedanken, die Venusdurchgänge zur Bestimmung der Entfernung der Sonne anzuwenden, als er den Durchgang des Merkur im Jahre 1677 beobachtete, und dabei bemerkte, mit welcher Schärfe man die Zeit des Ein- und Austrittes beobachten konnte. Die Merkurdurchgänge können nicht zu demselben Zwecke gebraucht werden, weil dieser Planet der Sonne zu nahe und daher das Zusammenlaufen der Richtungslinien, die von verschiedenen Punkten der Erde nach ihm gezogen werden, ebenfalls nicht merklich ist. Halley forderte daher in einem Aufsatze, welchen er der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften überreichte, die Astronomen des folgenden Jahrhunderts auf, den Durchgang der Venus im Jahre 1761 mit Sorgfalt zu beobachten. Als die Zeit gekommeu war, wurden von den bedeutendsten Regierungen Europa's Astronomen nach den entlegensten Weltgegenden geschickt. Doch gelang dieser erste Versuch nicht nach Wunsch; schlechtes Wetter und andere störende Zufälle vereitelten die Beobachtungen fast gänzlich. Dagegen gelang der zweite und bis jetzt letzte Versuch im Jahre 1769 desto besser. Der Direktor der Berliner Sternwarte, Herr Professor Encke, hat die damaligen Beobachtungen einer neuen, dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft angemessenen Prüfung unterworfen, und daraus die Entfernung der Erde von der Sonne mit viel größerer Genauigkeit abgeleitet, als sie bis dahin bekannt war. Die Größe dieser Entfernung ist schon im Früheren häufig erwähnt worden (§. 19).*

---

* Die Beobachtung des Venusdurchganges im Jahre 1769 war eine wesentliche Veranlassung zu der berühmten Reise Cook's nach Ota-

Wiewohl uns Venus näher kömmt als irgend ein anderer Planet, so wissen wir doch wenig über die Beschaffenheit ihrer Oberfläche, da ihr starker Lichtglanz die Beobachtungen sehr erschwert; in lichtstarken Fernrohren kann sie nicht ohne Blendglas (§. 76) beobachtet werden. Aeltere Beobachter haben mehrfach Flecken auf der Venus gesehen, und aus deren Bewegung geschlossen, daß sich Venus in 23 bis 24 Stunden um eine Achse dreht; auch neuerdings haben die Astronomen in Rom solche Flecken beobachtet, und daraus eine ähnliche Umdrehungszeit gefunden. Außer den Flecken hat Schröter noch eine andere Erscheinung bemerkt, aus welcher er ebenfalls geschlossen hat, daß sich Venus innerhalb 23 bis 24

---

heiti. Merkwürdig ist das Mißgeschick des französischen Astronomen Legentil, welcher von seiner Regierung abgeschickt wurde, um den Durchgang der Venus von 1761 in Pondicheri, einer französischen Besitzung, zu beobachten. Den 10. Juli 1760 in Isle de France angekommen, erfuhr er sogleich, daß er, wegen der zwischen England und Frankreich ausgebrochenen Feindseligkeiten, nicht nach seinem Bestimmungsorte gelangen könnte. Indessen langte später aus Frankreich der Befehl an, er solle dennoch dorthin abgehen. Den 11. März 1761 schiffte er sich ein, und hoffte, spätestens Mitte Mai in Pondicheri zu seyn; allein durch widrige Winde abgehalten, war er noch nicht dort angekommen, als schon die Stadt in die Hände der Engländer gefallen war, so daß er sich genöthigt sah, unverrichteter Sache wieder umzukehren, und den Aerger hatte, am 6. Juni auf offenem Meere den Durchgang der Venus sehr gut zu sehen, ohne ihn genauer beobachten zu können. Legentil faßte nun den abenteuerlichen Entschluß, bis zu dem acht Jahre später erfolgenden Durchgang in Indien zu bleiben. Die Zwischenzeit füllte er mit Reisen und Beobachtungen aus. Er hatte gefunden, daß der passendste Beobachtungsort für den nächsten Durchgang auf den Philippinen oder Marianneninseln seyn würde; daher ging er 1766 nach Manilla. Allein ein Befehl seiner Regierung nöthigte ihn nach Pondicheri zu gehen. Nachdem er hier ein ganzes Jahr auf die Vorbereitungen zur Beobachtung des Durchganges verwandt hatte, erhob sich am Tage der Beobachtung, den 3. Juni 1769, plötzlich ein Sturm, der Himmel war während der ganzen Dauer der Erscheinung bedeckt, früher war es ganz hell gewesen, und eine halbe Stunde später wurde es wieder heiter. In Manilla hatten zwei seiner Freunde, nach seiner Anleitung, beim schönsten Wetter beobachtet. Er kehrte 1771 nach Frankreich zurück. War auch der eigentliche Zweck seiner Reise verfehlt, so verdankt man ihr doch viele Aufschlüsse über Indien, so wie sehr schätzbare naturwissenschaftliche Beobachtungen, über die dort herrschenden Winde, über Meeresströmungen und viele andere geographische und astronomische Gegenstände. Legentil ist 1725 geboren und 1792 gestorben.

Stunden um eine Achse dreht. Wenn nämlich der Planet sichelförmig erscheint, so zeigen sich die Spitzen, namentlich die südliche, bald mehr bald weniger abgerundet, und zwar nach 23 bis 24 Stunden immer wieder in derselben Gestalt. Schröter erklärt dieß daraus, daß auf der Venus Berge sind, welche nach der verschiedenen Stellung, in welche sie durch die Achsendrehung der Venus gegen uns kommen, die Gestalt der Spitze bald mehr bald weniger rund erscheinen lassen. Wenn Schröter jedoch so weit ging, sogar die Höhe dieser Berge zu bestimmen, wie dieß (nach späteren Erörterungen) beim Monde allerdings möglich ist, und sie zu vier bis fünf Meilen annahm, so ist hierauf wenig zu geben. Zum Schlusse bemerke ich noch, daß die synodische Umlaufszeit der Venus (§. 79) 583 Tage 22 Stunden 6 Minuten 56 Sekunden beträgt, nach welcher Zeit sie also wieder in dieselbe Lage gegen Erde und Sonne kömmt.

Die Planeten Merkur und Venus nennt man untere Planeten, weil ihre Bahnen von der Erdbahn eingeschlossen werden.

Zwölftes Hauptstück.

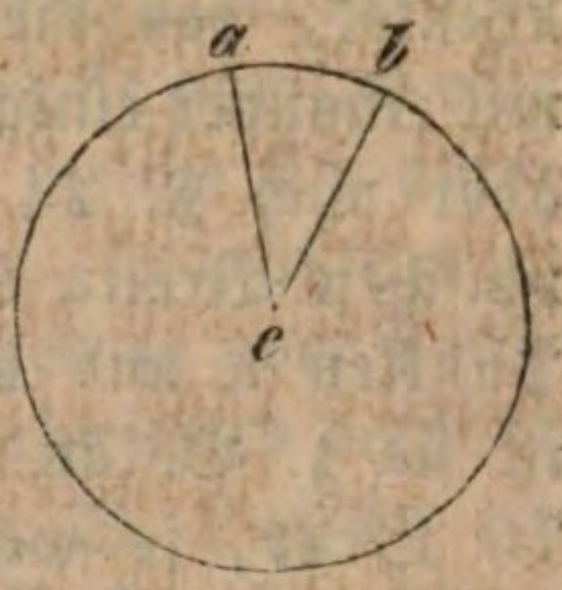
82. Unsere Erde, welche nun in der Reihe der Planeten folgt, ist schon früher, und gleich von Anfang an, Gegenstand unserer Betrachtung gewesen. Ihre Achsendrehung, wie ihre Bewegung um die Sonne, sind schon ausführlich erläutert worden (drittes und viertes Hauptstück.)

Die Untersuchungen über die Beschaffenheit ihrer Oberfläche, ihrer Lufthülle und ihres Inneren gehören nicht mehr in die Sternkunde, da sie sich, bei der Reichhaltigkeit des Stoffes, zu verschiedenen selbständigen Wissenschaften ausgebildet haben. Nur die Gestalt ihrer Oberfläche ist nicht bloß Sache der Sternkunde, sondern ihr sogar unentbehrlich, da die Bestimmung der Entfernung der anderen Körper unse-

res Sonnensystems davon abhängt, daß wir den Abstand zweier Punkte auf der Erde genau kennen.

Bis jetzt sind wir von der vorläufigen Voraussetzung ausgegangen, daß die Erde eine vollkommene Kugel ist. Bleiben wir hierbei stehen, so ist nur noch die Frage zu beantworten, wie groß diese Kugel, oder, was dasselbe sagt, wie groß ihr Durchmesser ist?

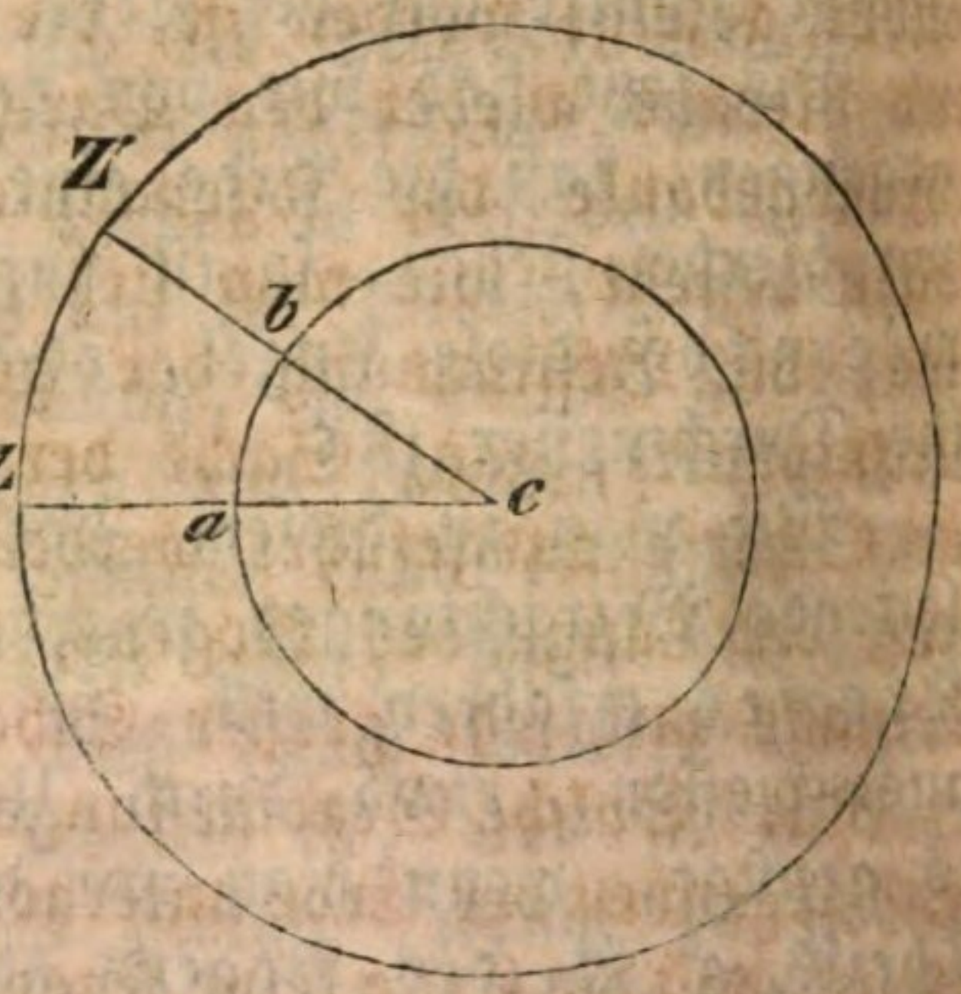
Wie man zu diesem Zwecke gelangt, werden folgende einleitende Betrachtungen zeigen. Wenn man die Länge eines Kreises erfahren will, so hat man nicht nöthig, ihn ganz auszumessen, etwa durch Umlegung eines Fadens, sondern es genügt, wenn man nur die Länge eines Theils, z. B. des Bogens ab kennt, sobald nur zugleich der Winkel bekannt ist, welchen die vom Mittelpunkte c des Kreises nach a und b gezogenen Linien mit einander einschließen. Denn, wie schon früher bemerkt wurde (§. 10), stehen die Bogen und die Winkel am Mittelpunkte in gleichem Verhältnisse. Ist also der Winkel dreißig Grad groß, d. i. der zwölfte Theil einer ganzen Umdrehung (ebend.), so ist auch der ihm entsprechende Bogen ab der zwölfte Theil des ganzen Kreises; man hat daher die bekannte Länge dieses Bogens nur zwölfmal zu nehmen, um die Länge des ganzen Kreises zu finden. Kennt man einmal diese, so wird auch alsdann der Durchmesser des Kreises leicht gefunden; denn die Geometrie lehrt, daß Länge und Durchmesser eines jeden Kreises in einem ganz bestimmten Verhältnisse stehen, welches sich zwar nicht in runden Zahlen angeben läßt, für unseren Zweck aber mit genügender Annäherung ausgedrückt wird, wenn man sagt, daß die Länge des Kreises $3\frac{1}{7}$ mal so groß als die des Durchmessers ist.



Der Durchmesser einer Kugel ist gleichbedeutend mit dem Durchmesser eines Kreises welcher auf der Kugel gezogen ist, und dessen Mittelpunkt in den der Kugel fällt; einen solchen Kreis nennt man einen größten. Um den Durchmesser der Kugel zu finden, braucht man also nur die Länge eines Stückes eines solchen größten Kreises und den entsprechenden Winkel am Mittelpunkte zu finden.

Die Anwendung auf unseren gegenwärtigen Fall ist nun

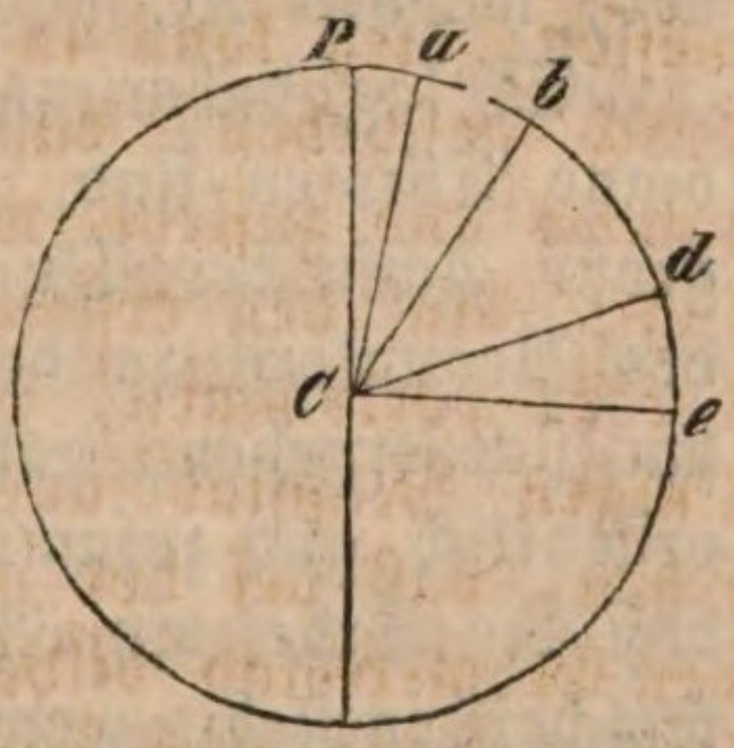
leicht gemacht. Man denke sich auf der Erdkugel zwei Punkte a und b die unter demselben Erdmeridiane (§. 24) liegen. Ist die Erde eine Kugel, so ist jeder Erdmeridian ein größter Kreis (da die Erdachse sein Durchmesser ist). Die Linie ca geht durch den Scheitelpunkt Z des Punktes a, die Linie cb durch den Scheitelpunkt Z' des Punktes b (§. 24, S. 50). Der Winkel, den diese zwei Linien mit einander einschließen, beträgt aber nach §. 24 eben so viel wie der Unterschied der geographischen Breite von a und b. Hat man also an den beiden Punkten a und b die geographische Breite bestimmt (§. 25), ist sie z. B. an dem einen Orte 40 Grad, an dem anderen 70 Grad, so weiß man, daß der Winkel bei c dreißig Grad beträgt. Nun hat man noch die Länge des Bogens ab zu messen; dieß kann in einer ebenen Gegend ganz einfach dadurch geschehen, daß man irgend einen bekannten Maßstab nimmt und zusieht, wie oft er sich zwischen a und b auftragen läßt. Auf den ersten Blick kann es vielleicht dem Leser sonderbar vorkommen, daß man einen Bogen durch einen geradlinigen Maßstab ausmessen will. Indessen ist leicht einzusehen, daß bei der großen Ausdehnung des Kreises, welcher den Erdmeridian bildet, ein jedes Stück, das nicht über einige Fuß beträgt, sich auch durchaus nicht von einer geraden Linie unterscheiden läßt, und man daher die ganze Länge des Kreises als eine Wiederholung solcher kleiner geraden Linien ansehen kann. Statt des Maßstabes kann man sich aber auch einer Kette bedienen und auf diese Weise wurde wirklich in den weiten Ebenen Pensilvaniens im Jahre 1764 ein Bogen gemessen, welcher mehr als fünfmal hunderttausend Fuß lang war. Wo die Unebenheit des Bodens dieß nicht erlaubt, gibt die höhere Feldmeßkunst Mittel an die Hand, mit Hülfe einer kleineren gemessenen Standlinie, für die sich immer ein passender Boden finden wird, auch die Größe des gesuchten Bogens mit aller wünschenswerthen Schärfe zu finden.



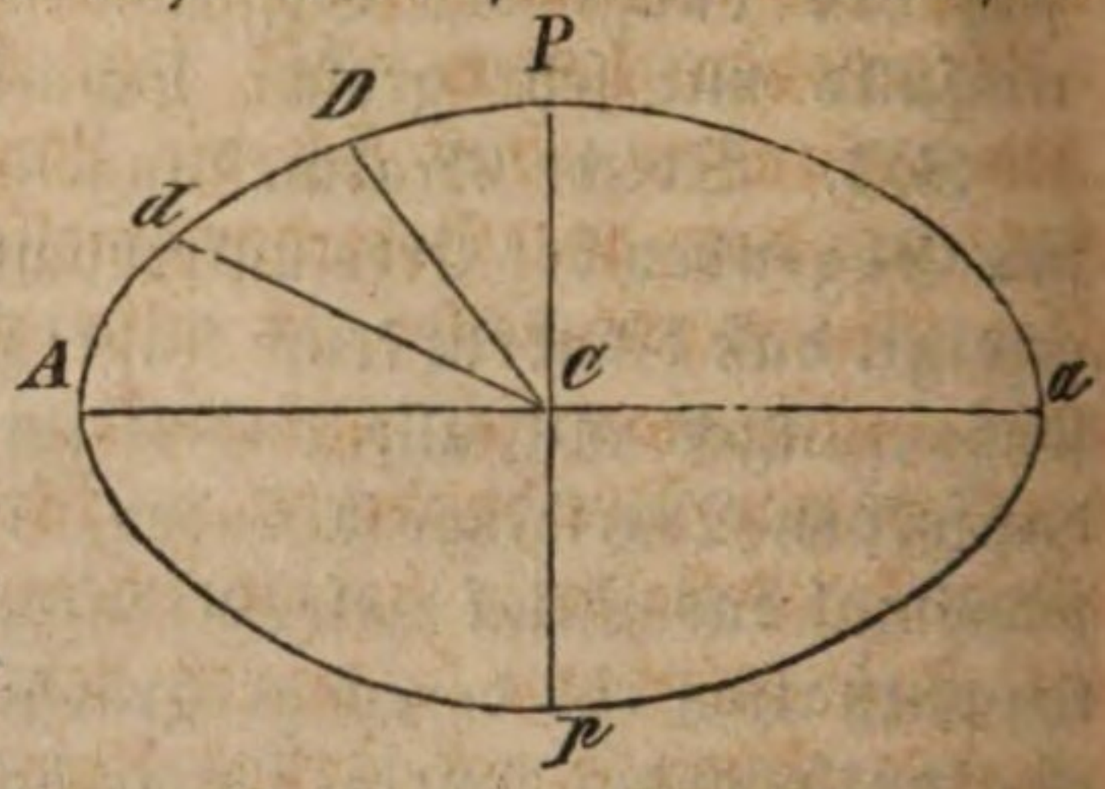
Hat man auf diese Weise die Länge ab des Bogens und

den Winkel bei c gefunden, so berechnet man daraus, wie früher gezeigt worden ist, die Länge des ganzen Erdmeridians und hieraus wieder den Durchmesser der Erde. Dieß ist der Grundgedanke der sogenannten Gradmessungen. Eine solche besteht, wie man sieht, aus zwei Theilen, wovon der eine, die Bestimmung der geographischen Breite der beiden Gränzpunkte, ganz Sache der Sternkunde ist, und mit größter Schärfe ausgeführt werden kann, der andere, die Ausmessung der Länge des Bogens, in die Feldmeßkunst gehört, und ebenfalls mit sehr großer Schärfe ausgeführt werden kann.

83. Solche Gradmessungen hat man jetzt in den verschiedensten Gegenden der Erde unternommen, die Ergebnisse haben aber gezeigt, daß die Erde keine Kugel seyn kann. Wäre sie nämlich eine solche, lägen also alle Punkte ihrer Oberfläche, welche sich unter demselben Meridiane befinden, in einem Kreise, so müßte auch jedesmal das Stück dieses Kreises, welches zwischen je zwei Punkten enthalten ist, deren geographischer Breitenunterschied derselbe ist, nothwendig dieselbe Länge haben. Wäre z. B. Pabde ein solcher Kreis und P der Nordpol, so müßte offenbar die Länge des Bogens ab dieselbe seyn, wie die Länge des Bogens de, sobald der Unterschied der geographischen Breite von a und b derselbe ist, wie der von d und e. Denn dieß würde sagen, daß der Winkel, welchen die Linien aC und bC bilden, derselbe ist wie der, welchen dC und eC bilden; da nun gleichen Winkeln am Mittelpunkte auch gleich lange Bogen entsprechen, so müßten die Bogen ab und de gleich seyn. Die Erfahrung zeigt aber das Gegentheil. Geht man nämlich unter einem Meridiane vom Aequator nach den Polen hin, so findet man, daß, bei gleichem Breitenunterschiede, der Abstand zweier Punkte auf der Erde desto größer wird, je näher man dem Pole kömmt. Die Zunahme der Größe bleibt nun freilich in so mäßigen Gränzen, um zwar einerseits zu beweisen, daß die Erdmeridiane sich wirklich wenig vom Kreise unterscheiden, allein andererseits ist sie doch bedeutend genug, um entschieden nachzuweisen, daß die Erdmeridiane wirklich keine Kreise sind. Sollen sie vielmehr überhaupt eine regelmäßige krumme Linie bilden, so muß diese so beschaffen seyn,



daß sie in der Nähe der Pole flacher ist als in der Nähe des Aequators, d. h. mit anderen Worten, daß man an den Polen einen längeren Raum zu durchlaufen hat als am Aequator, um von einem Punkte eines Meridians zu einem anderen zu gelangen, dessen geographische Breite um ein Bestimmtes von der des ersten Punktes verschieden ist. Eine Ellipse, deren kleine und große Achse wenig verschieden ist (§. 18), vereinigt aber die beiden Eigenschaften, daß ihre Gestalt der eines Kreises zwar nahe kömmt, aber dennoch in der Nähe ihrer kleinen Achse flacher ist, als in der Nähe der großen. In der nebenstehenden Zeichnung, wo C der Mittelpunkt der Ellipse, Aa die große, Pp die kleine Achse bedeutet, sieht man leicht, daß der Bogen DP flacher ist als der Bogen Ad, wiewohl der Winkel, welchen die Linien DC und PC bilden, derselbe ist wie der, welchen AC und dC einschließen.



Es lag daher nahe zu untersuchen, ob nicht die Erdmeridiane Ellipsen sind, deren kleine Achse die Erdachse und deren große Achse der Durchmesser ist, welcher von einem Punkte des Aequators zu dem gegenüberstehenden gezogen ist, und es hat sich ergeben, daß die Messungen mit dieser Annahme außerordentlich gut zusammenstimmen. Hieraus hat man geschlossen, daß die Erde ein Sphäroid ist, d. h. ein runder Körper, welcher entsteht, wenn sich die halbe Ellipse Pap um ihre kleine Achse Pp dreht. Denn, wenn man einen solchen Körper mit einer Ebene, die durch Pp geht, durchschneidet, so entsteht auf der Oberfläche desselben ein Schnitt, der eine Ellipse ist und deren kleine Achse Pp ist, während die große gleich Aa ist. Die Erde hat also, auch unter dieser Voraussetzung, noch immer einen Mittelpunkt, wiewohl sie keine Kugel ist, es ist dieß nämlich der Mittelpunkt C der Ellipse, das Wort Durchmesser der Erde erhält aber jetzt eine andere Bedeutung wie früher. Bezeichnet man nämlich durch dasselbe noch immer jede Linie, welche durch C gezogen und nach beiden Seiten verlängert bis zur Oberfläche der Erde reicht, so sieht man, daß diese Linien nicht mehr unter einander gleich

sind, also auch nicht mehr von einem Durchmesser der Erde die Rede seyn kann. Es gibt vielmehr unzählige Durchmesser der Erde, unter diesen aber einen kleinsten, dieß ist derjenige, welcher durch die beiden Pole geht und mit der Erdachse zusammenfällt — der Polardurchmesser. Jeder andere Durchmesser ist größer, und zwar desto größer, je weiter sein Endpunkt von den Polen absteht. Am größten ist der Aequatorialdurchmesser, d. h. ein Durchmesser, dessen Endpunkte im Aequator liegen, wie Aa.

Aus den besten, bis jetzt bekannten Gradmessungen hat man gefunden, daß sich die Länge eines Aequatorialdurchmessers zu der des Polardurchmessers wie 300 zu 299 verhält. Der Polardurchmesser ist also um ein Dreihundertel kleiner, oder, wie man sich ausdrückt, die Abplattung der Erde beträgt ein Dreihundertel. Wollte man die Erde durch ein Modell darstellen, bei welchem der Aequator $2^1/_2$ Fuß oder 30 Zoll betrüge, so würde der Polardurchmesser nun um den zehnten Theil eines Zolles kleiner seyn, ein Unterschied, den das schärfste Auge nicht bemerken könnte.

Nach den neuesten Bestimmungen beträgt in runden Zahlen der Aequatorialdurchmesser 1719 geographische Meilen, der Polardurchmesser 1713.

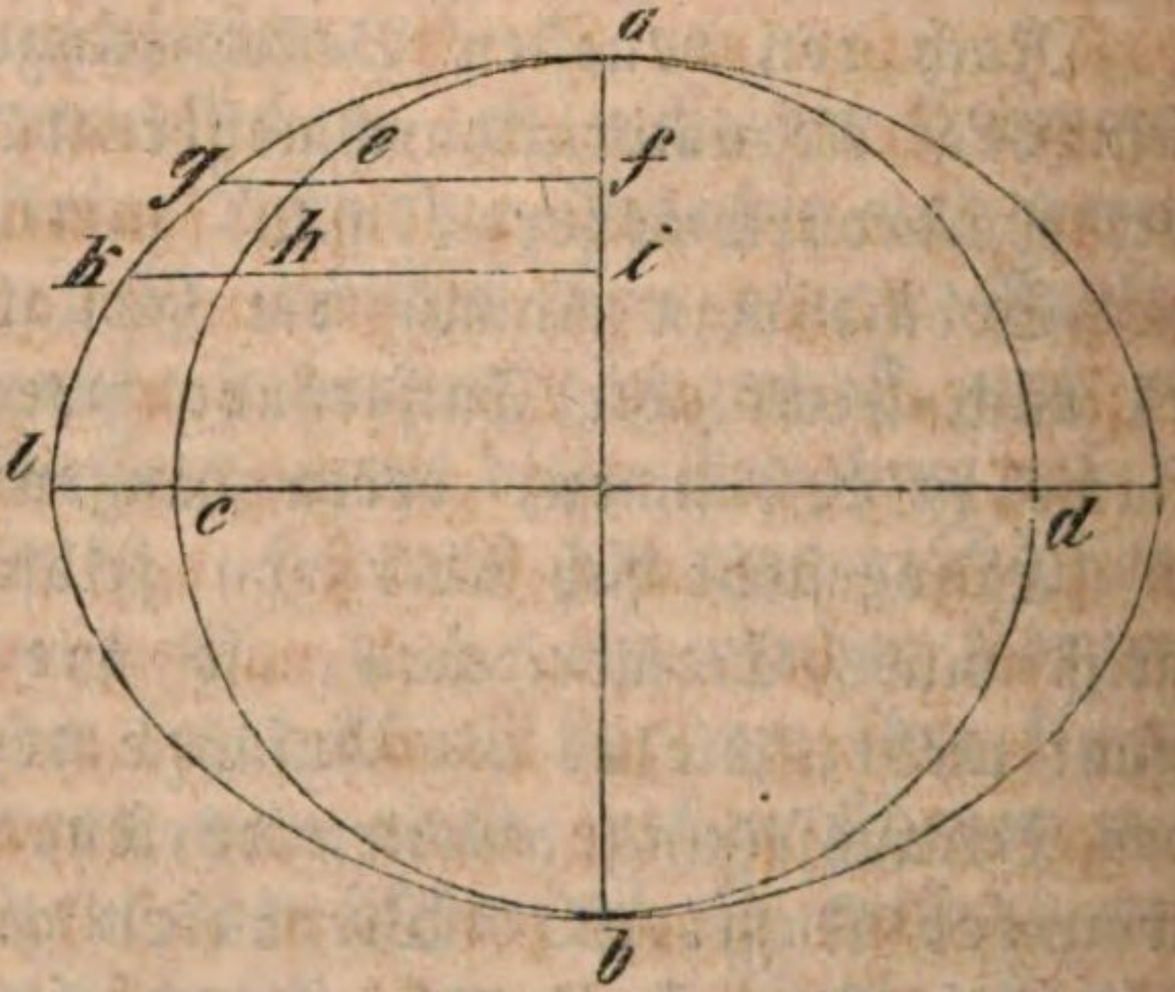
Sobald man einmal die Gestalt der Erde kennt, so ist es auch leicht, die Entfernung zweier Punkte auf ihrer Oberfläche zu bestimmen, deren Längen und Breiten gegeben sind.

Es versteht sich aber von selbst, daß wir jetzt den Begriff eines Erdmeridians, so wie der geographischen Breite nicht mehr, wie es im Anfange des §. 24 geschehen ist, aus der Voraussetzung ableiten dürfen, daß die Erde eine vollkommene Kugel ist. Wir haben aber auch dort schon gezeigt, wie diese Begriffe von der Erde auf den Himmel übertragen werden können, wodurch sie von der Gestalt der Erde ganz unabhängig werden. So werden wir jetzt sagen, daß ein Erdmeridian nicht ein Kreis, sondern die Reihe von Punkten auf der Oberfläche der Erde ist, welche unter demselben Himmelsmeridiane liegen.

84. In der Thatsache, daß die Erde keine vollkommene Kugel, aber doch nahezu eine solche, und an den Polen flacher ist als am Aequator, liegt zugleich ein merkwürdiger Beweis für die Richtigkeit der kopernikanischen Behauptung, daß die Erde sich um ihre Achse dreht. So lange man sich

nämlich die Erde als ruhend denkt, läßt sich kein Grund auffinden, weßwegen sie gerade diese und keine andere Gestalt hat. Nimmt man aber an, daß sie sich um eine Achse dreht, so läßt sich diese Erscheinung nicht bloß erklären, man konnte sie sogar als eine nothwendige Folge der Achsendrehung voraussagen, selbst als sie noch nicht durch unmittelbare Messungen bewiesen war, wie dieß Newton wirklich gethan hat.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß ein Körper, welcher schnell im Kreise gedreht wird, sich von dem Mittelpunkte dieses Kreises zu entfernen strebt, und zwar mit desto größerer Gewalt, je schneller er gedreht wird. Bindet man z. B. einen Stein an einen Faden, welchen man festhält und schnell im Kreise herumdreht, so wird der Stein den Faden spannen; je schneller man dreht, desto mehr Kraft wird man anwenden müssen, um den Faden fest zu halten, und dieser wird sogar reißen, wenn die Drehung schnell genug wird. Dieses Bestreben eines Körpers, sich vom Mittelpunke der Drehung zu entfernen, nennt man die Schwungkraft (Centrifugalkraft). Man nehme einen elastischen Ring, durchbohre ihn in den zwei Endpunkten a und b seines Durchmessers und stecke durch diese Löcher einen Stift. Dreht man alsdann den Ring schnell um diesen Stift, so wird man sehen, daß der Ring die Kreisesform verliert und in eine Ellipse übergeht, deren kleine Achse ab ist, während die große Achse in der Verlängerung des darauf senkrechten Durchmessers cd liegt. Während sich nämlich der Ring dreht, sucht ein jeder seiner Punkte sich von dem Mittelpunkte der Drehung zu entfernen, und zwar desto mehr, je schneller er sich bewegt. Der Punkt e z. B., der sich um den Halbmesser el dreht, wird bis g ausweichen, der Punkt h aber, welcher sich in derselben Zeit um den größeren Halbmesser hi dreht, d. i. einen größeren Kreis beschreibt, mithin sich schneller bewegt, wird auch stärker ausweichen und bis k kommen. Der Punkt c,



welcher den größten Kreis beschreibt, wird auch am stärksten ausweichen und bis l kommen. Hier bewirkt also die Schwungkraft das Uebergehen der Kreisform in eine andere neue Form, von welcher sich streng beweisen läßt, daß sie eine Ellipse ist.

Ganz dasselbe findet auch bei der Erde statt. Die neueren Untersuchungen lassen kaum einen Zweifel darüber, daß die Erde sich ursprünglich in flüssigem Zustande befand, aus welchem sie erst allmählich in den festen überging. Die Theile eines freischwebenden flüssigen Körpers setzen sich aber nur dadurch ins Gleichgewicht, daß dieser Körper die Kugelgestalt annimmt, wie man es an jedem Wassertropfen sehen kann; war die Erde in ihrem flüssigen Zustande in Ruhe, so mußte sie daher ebenfalls eine Kugel bilden. Drehte sie sich aber um eine Achse, so mußten sich alle Punkte ihrer Oberfläche von der Drehungsachse zu entfernen streben, und zwar desto mehr, je weiter sie von der Drehungsachse entfernt waren, und so mußte die Erde die Gestalt eines Sphäroids annehmen, gerade wie in dem früheren Beispiele der kreisförmige Ring in einen elliptischen überging.

Die einzelnen Punkte der Erde wären unfehlbar durch die Schwungkraft auseinander geschleudert worden, wenn sie dieser ungehindert hätten folgen können; aber da sie andererseits durch die Anziehungskraft zusammen gehalten wurden, so konnten sie sich nur um ein Weniges von ihrer früheren Lage entfernen.

85. Schon die griechischen Astronomen haben sich mit der Frage, *welche Größe die Erde habe*, beschäftigt, und einige haben sie auch nach ganz richtigen Grundsätzen zu lösen gesucht. Die Werthe, welche sie, von der Voraussetzung ausgehend, daß die Erde eine Kugel sei, für den Durchmesser derselben fanden, nähern sich der Wahrheit schon so stark, daß sie, bei der Unvollkommenheit der angewandten Hülfsmittel, alle Anerkennung verdienen. In den barbarischen Zeiten des Mittelalters ging selbst die Kunde von der Kugelgestalt der Erde wieder verloren, es konnte also noch viel weniger von der Ermittelung ihres Durchmessers die Rede seyn. Erst als unter den Arabern die Sternkunde wieder auflebte (§. 40), kam auch die Untersuchung über die Größe der Erde wieder zum Vorschein. Der Kalif Al Mamum ließ 827 nach Ch. mehrere Astromen nach Bagdad kommen, um eine Gradmessung auszuführen. Sie theilten sich in zwei Abtheilungen,

welche, in einem genau bestimmten Meridiane, in der Wüste Singar, am arabischen Meerbusen, nach Norden und Süden, jede einen Bogen von einem Grade maßen. Den einen fanden sie 56, den andern $56^2/_3$ ihrer Meilen lang. Leider können wir über die Richtigkeit dieser Messungen nicht urtheilen, da wir die Größe ihrer Meilen nicht kennen. In Europa ist der französische Arzt und Mathematiker Fernel der erste gewesen, welcher mit großer Mühe im Jahre 1525 eine Gradmessung zwischen Paris und Amiens ausführte. Darauf führte der holländische Mathematiker Schnellius zwischen Alcmar und Bergen op Zoom eine Gradmessung aus (1615), später (1635) ein Engländer, Norwood, zwischen London und York, und dann noch mehre andere.

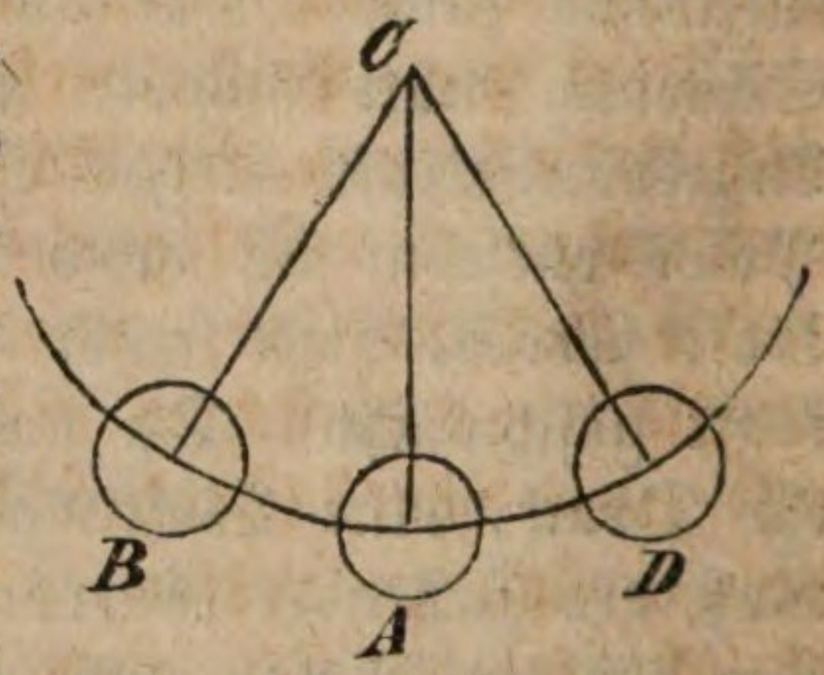
Der Mangel an Uebereinstimmung zwischen diesen verschiedenen Messungen veranlaßten die französische Akademie der Wissenschaften, den berühmten Mathematiker Picard mit einer neuen Gradmessung zu beauftragen. Er fand aus seinen in den Jahren 1669 und 1670 zwischen Amiens und Malvoisine ausgeführten Messungen, daß die Länge eines Grades 57,060 Toisen (eine Toise hat 6 Pariser Fuß), d. h. fast 15 geographische Meilen, beträgt, und auf diese Angabe stützte sich Newton bei seiner Untersuchung über die Bewegung des Mondes (§. 62). Picard's Messungen wurden, zwischen den Jahren 1683 und 1700, von Paris bis zu den Pyrenäen fortgesetzt, und es schien sich daraus zu ergeben, daß die Krümmung der Erde nach den Polen hin stärker würde, und wirklich behaupteten die französischen Gelehrten, daß die Erde nicht an den Polen, sondern am Aequator abgeplattet sei. Newton dagegen hatte bereits die Behauptung aufgestellt, die Erde sei an den Polen abgeplattet. Von der Voraussetzung ausgehend, daß die Erde ursprünglich flüssig gewesen sei, hatte er sogar berechnet, daß diese Abplattung $^1/_{230}$ betragen müsse, wenn man annähme, daß alle gleichweit vom Mittelpunkte entfernten Schichten auch dieselbe Dichtigkeit hätten. Diesen Streit zu entscheiden, schickte Ludwig der 15te im Jahre 1735 einige französische Gelehrte nach Peru in die Nähe des Aequators, um dort eine Gradmessung vorzunehmen, während zu gleicher Zeit und zu gleichem Zwecke einige andere nach Lappland, in die Nähe des Nordpols, geschickt wurden. Aus diesen Messungen ergab sich, daß die Erde wirklich an den

Polen abgeplattet ist; doch wurde die Abplattung zu groß, nämlich zu $^1/_{178}$ bestimmt, was, wie sich später ergab, besonders davon herrührte, daß die lappländische Messung beträchtlich fehlerhaft war. Seit dieser Zeit sind nun in den verschiedensten Gegenden der Erde viele Gradmessungen ausgeführt worden, welche alle bestätigt haben, daß die Erde wirklich an den Polen abgeplattet ist, und aus dem Vergleich der besten dieser Messungen hat man die Zahlenangaben berechnet, die ich früher mitgetheilt habe.

86. Es gibt noch eine andere Erscheinung, welche zugleich beweist, daß die Erde sich um eine Achse dreht und abgeplattet ist. Wenn die Erde sich um eine Achse dreht, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, daß ein Körper an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche auch eine verschiedene Fallgeschwindigkeit haben, und daher, wenn er am Fallen gehindert wird, einen verschiedenen Druck äußern, d. h. ein verschiedenes Gewicht haben muß. Ein jeder solcher Körper wird nämlich alsdann von zwei Kräften getrieben, die sich entgegenarbeiten, von der Anziehungskraft, die ihn nach der Erde hin treibt, und von der Schwungkraft, die ihn von der Erde zu entfernen sucht. Nur an den ruhenden Polen, wo gar kein Schwung statt findet, wird der Körper ungestört bloß der Anziehungskraft folgen können; je weiter er aber von den Polen entfernt ist, desto stärker tritt die Wirkung der Schwungkraft hervor, desto mehr wird also die Wirkung der Anziehungskraft geschwächt. Da nun aber das Fallen der Körper, wie ihr Druck, eine Wirkung der Anziehungskraft ist (§. 57), so muß ein fallender Körper sich am Aequator langsamer bewegen als am Pole, und auch weniger stark drücken, d. h. geringeres Gewicht haben. Früher, als wir vom Falle der Körper sprachen (neuntes Hauptstück), konnte hierauf noch keine Rücksicht genommen werden; auch ist der Unterschied so klein, daß er sich durch unmittelbare Fallversuche nicht leicht ermitteln läßt. Man kann nämlich aus der bekannten Größe und Umdrehungszeit der Erde leicht berechnen, daß ein Körper in der ersten Sekunde seines Falles unter dem Aequator nur um etwa $^1/_{20}$ Fuß weniger fällt, als wenn die Erde gar keine Umdrehung hätte. Noch weniger ist es möglich, die Verminderung des Gewichtes durch unmittelbare Abwägungen zu finden. Denn legt man z. B. unter dem Aequator

in die eine Schale einer Wage einen Körper, und muß man, um ihm das Gleichgewicht zu halten, in die andere ein Pfundgewicht legen, so sagen wir, der Körper sei ein Pfund schwer. Bringen wir nun die Wage nach einem der Pole., so werden sich noch immer Körper und Pfundgewicht das Gleichgewicht halten, und wir werden noch immer sagen, der Körper sei ein Pfund schwer. Denn wenn sich am Pole der Druck, welchen der Körper auf die eine Schale ausübt, vermehrt, so hat auch in demselben Verhältnisse der Druck des Pfundgewichtes auf die andere Schale zugenommen. Dagegen aber können wir den Unterschied der Stärke der Anziehungskraft an Pol und Aequator mit der größten Schärfe bestimmen, wenn wir eine Vorrichtung zu Hülfe nehmen, welche wir schon früher als den wesentlichsten Theil der astronomischen Uhren kennen gelernt haben, nämlich das Pendel (§. 11).

Wenn man nämlich einen Faden, an dessen unterem Ende sich ein schwerer Körper befindet, etwa eine Bleikugel, an seinem oberen Ende aufhängt, so wird er, sich selbst überlassen, die vertikale Richtung annehmen, indem er nach dem Mittelpunkt der Erde gezogen wird. Bringt man das Pendel aus dieser Richtung heraus, indem man etwa die Kugel bis nach B erhebt, so wird es, sich selbst überlassen, durch die Anziehungskraft der Erde getrieben, wieder nach A herabsinken; es wird aber jetzt nicht an diesem Punkte bleiben, sondern durch die Geschwindigkeit, die es beim herabfallen von B nach A erlangt hat, getrieben, wird es sich nun auf der anderen Seite bis zu einem Punkte D erheben, welcher eben so hoch liegt, als der Punkt B. Erst dann wird es wieder, der Anziehungskraft folgend, herabsinken, um gleicherweise wieder bis B aufzusteigen. Wofern nicht äußere Umständen, wie z. B. der Widerstand der Luft, hindernd entgegen treten, setzt das Pendel diese Bewegung ohne Ende fort. Die Schwingungsdauer des Pendels, d. h. die Zeit welche es braucht, um einmal vom höchsten Punkte auf der einen Seite zum höchsten Punkte auf der anderen zu gelangen, oder, wie man sagt, eine Schwingung zu vollenden, hängt von zwei Umständen ab: erstens, von der



Länge des Fadens, und zwar so, daß diese Zeit desto größer wird, je länger der Faden ist. Behält aber auch der Faden dieselbe Länge, so wird die Schwingungsdauer sich zweitens ändern, wenn die Stärke der Anziehungskraft sich ändert; je stärker nämlich das Pendel angezogen wird, desto rascher muß es auch schwingen.

87. Nimmt also die Stärke der Anziehungskraft wirklich vom Pole nach dem Aequator hin immer mehr ab, so wird sich das auch darin zeigen müssen, daß ein und dasselbe Pendel, welches man, vom Pole nach dem Aequator fortschreitend, an verschiedenen Orten schwingen läßt, eine desto kleinere Schwingungsdauer haben oder, was dasselbe sagt, in einer bestimmten Zeit desto mehr Schwingungen machen wird, je näher der Ort, in welchem man es schwingen läßt, dem Pole liegt.

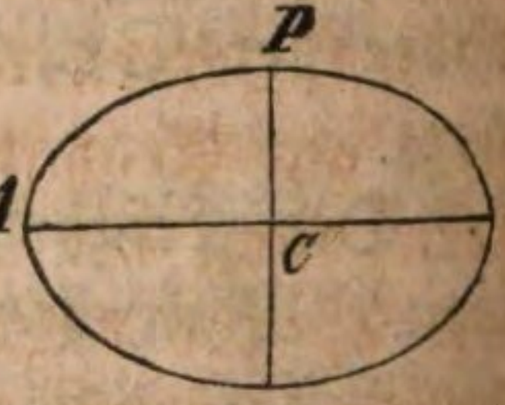
Die Erfahrung bestätigt diese Vermuthung auch vollkommen. Man hat an vielen Punkten der Erde Pendel schwingen lassen, und immer gefunden, daß ein und dasselbe Pendel desto langsamer schwingt, je näher es dem Aequator kömmt. Es ist also hierdurch thatsächlich nachgewiesen, daß die Anziehung von den Polen nach dem Aequator hin abnimmt.

Aber diese Pendelversuche zeigen zugleich, daß die Zunahme nicht bloß von der Achsendrehung der Erde herrühren kann, und geben uns Gelegenheit, hier an einem merkwürdigen Beispiele nachzuweisen, wie nothwendig es ist, wenn man wissenschaftliche Ansichten mit der Erfahrung vergleicht, sich nicht mit einer oberflächlichen Uebereinstimmung zu begnügen, sondern genau zu prüfen, ob das, was aus der wissenschaftlichen Ansicht folgt, sich auch vollkommen in den Angaben der Erfahrung wiederfindet. Berechnet man aus der verschiedenen Anzahl der Schwingungen, die dasselbe Pendel in einer bestimmten Zeit an verschiedenen Orten macht, um wie viel die Anziehungskraft der Erde am Aequator schwächer ist als an den Polen, so findet man, daß die Abnahme ungefähr $^1/_{194}$ beträgt; berechnet man dagegen diese Abnahme aus der Voraussetzung, daß die Erde sich in einem Tage um ihre Achse dreht, so findet man nur $^1/_{289}$. Diese Abnahme kann also nicht bloß Folge der Schwungkraft seyn. Bei genauerer Ueberlegung zeigt sich aber auch bald, daß die Anziehungskraft der Erde, auch abgesehen von ihrer Achsendrehung schon

deßhalb von den Polen nach dem Aequator hin abnehmen muß, weil die Erde an den Polen abgeplattet ist.

Es wurde schon früher ausführlich erörtert (§. 57), daß ein Körper, der nach der Erde hin gezogen wird, das Bestreben haben muß, sich nach dem Mittelpunkte derselben zu bewegen. Zwar wurde dort vorausgesetzt, die Erde sei eine Kugel, indessen bleibt die Betrachtung auch dann noch dieselbe, wenn die Erde ein Sphäroid ist, auch dann wird der Körper nach dem Mittelpunkte gezogen.

Allein während die Anziehungskraft einer Kugel an allen Punkten ihrer Oberfläche sich gleich stark äußert, kann dieß bei einem Sphäroide nicht mehr der Fall seyn. Bezeichnet die nebenstehende Elipse einen Erdmeridian, C den Mittelpunkt der Erde, P einen Pol, A einen Punkt des Aequators, so befindet sich der Körper am Pole in der Entfernung CP vom anziehenden Mittelpunkte der Erde, in A dagegen in der größeren Entfernung AC. Da nun aber die Anziehung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt (§. 63), so muß sie auch in A schwächer als in P seyn. Die Abplattung bewirkt mithin, daß ein Körper an der Oberfläche der Erde desto schwächer angezogen wird, je näher er dem Aequator ist.



Berechnet man nun aus der bekannten Größe des Polar- und Aequatorialdurchmessers (§. 83), wie groß dieser Unterschied in der Stärke der Anziehung ist, und fügt man diesen Unterschied zu demjenigen hinzu, welcher durch die Schwungkraft bedingt wird, so ergibt sich genau derjenige Unterschied, welchen die Pendelschwingungen anzeigen. Und hierin liegt ein unzweideutiger Beweis der Richtigkeit beider Voraussetzungen, daß die Erde abgeplattet ist und sich um eine Achse dreht.

So sieht man, wie es möglich ist, ohne Gradmessungen anzustellen, bloß aus den Schwingungen einer so einfachen Vorrichtung, wie das Pendel, nicht bloß das wirkliche Vorhandenseyn der Abplattung der Erde zu finden, sondern sogar den Betrag derselben zu berechnen. Denn man hat von der verschiedenen Stärke der Anziehung, an Pol und Aequator, die sich aus den Pendelschwingungen ergibt, bloß den Theil abzuziehen, welcher von der Schwungkraft herrührt; was

dann noch übrig bleibt, ist Folge der Abplattung, deren Größe sich daraus berechnen läßt.

Zum Schlusse dieser Betrachtungen bemerke man noch Folgendes. Ein jeder Körper an der Oberfläche der Erde wird von zwei sich entgegenwirkenden Kräften getrieben, von der Schwungkraft und der Anziehungskraft. Allein weil die Schwungkraft nur klein im Verhältniß zur Anziehungskraft ist, indem sie selbst am Aequator (wo sie am stärksten ist) nur $^1/_{189}$ der Anziehungskraft beträgt, so muß der Körper, wenn er auch von der Erde entfernt wird, dennoch wieder zu ihr zurückfallen. Würde sich die Erde in kürzerer Zeit um ihre Achse drehen, so würde die Schwungkraft stärker werden. Man hat berechnet, daß wenn die Erde eine ungefähr 17 mal schnellere Achsendrehung hätte, alsdann die Schwungkraft am Aequator der Anziehungskraft gleich wäre; mithin hätte dann ein Körper, der dort von der Oberfläche entfernt würde, gar nicht mehr das Bestreben zu ihr zurück zu fallen, sondern würde an der Stelle, an welche man ihn hingebracht hat, in der Luft beharren. Würde aber die Erde ihre Umdrehung in noch kürzerer Zeit vollenden, so würde die Schwungkraft die Anziehungskraft überwiegen, und die losen Körper an der Oberfläche der Erde würden von ihr wegfliegen.

Dreizehntes Hauptstück.

88. Daß der Mond die Erde beständig begleitet, ist schon früher erörtert worden; auch haben wir die Beschaffenheit seiner Bewegung an mehren Stellen besprochen (§§. 33, 62, 68). Hier wollen wir zunächst die Beschaffenheit seiner Oberfläche genauer betrachten.

Der Mond ist eine so vollkommene Kugel, daß auch die genauesten Messungen keine Abplattung bemerken lassen; sein Durchmesser beträgt ungefähr 468 geographische Meilen, und hieraus folgt, daß seine Oberfläche fast 14 mal kleiner als die der Erde ist.

Schon mit unbewaffnetem Auge sieht man helle und dunkele Stellen im Monde, deren Ursprung von jeher die dichterische Einbildungskraft wie den Forschergeist beschäftigt

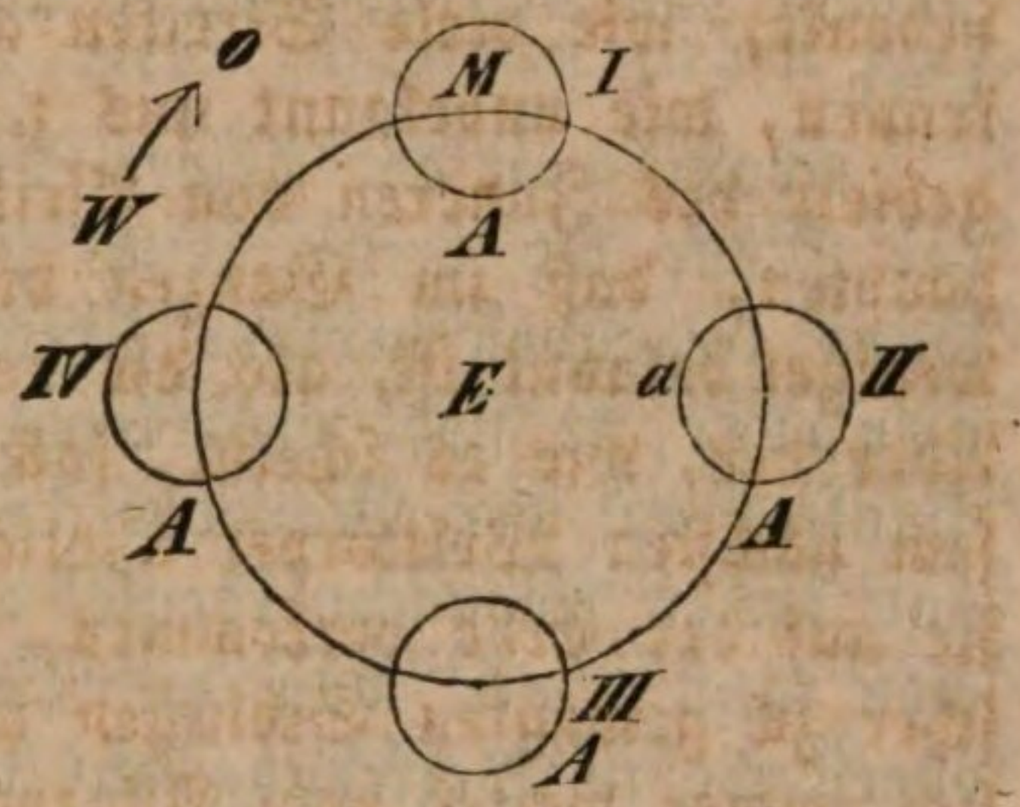
hat. Daß diese Flecken keine Bildungen sind, wie die Sonnenflecken, keine Ansammlung von Wolken oder ähnliche Erscheinungen, konnte man daraus schließen, daß sie immer bleiben, also nothwendig etwas Festes seyn müssen. Aber erst als Galilei (1611) das Fernrohr nach dem Monde richtete, erfuhr man, daß die Oberfläche dieses Körpers aus einem mannigfachen Wechsel von Höhen und Tiefen besteht, die sich im Fernrohre als eine Menge größerer und kleinerer Flecken zeigen. Seit dieser Entdeckung haben sich viele Astronomen mit der Erforschung der Mondesoberfläche beschäftigt, und es ist ihren Bemühungen gelungen, uns so genaue Kunde davon zu liefern, daß die Mondbeschreibung in manchen Stücken weiter ist, als die Erdbeschreibung. Denn, wenn man bedenkt, wie viele Strecken auf der Erde wir noch gar nicht kennen, wie unbekannt uns z. B. die Gebirgszüge und Stromgebiete des Inneren von Afrika sind, so darf man gewiß behaupten, daß im Ganzen die Gestalt der Erdoberfläche uns weniger bekannt ist, als die der uns sichtbaren Mondoberfläche. Aber der, wie es scheint, fast unwiderstehliche Reiz, auf diesem nächsten Weltkörper ähnliche Verhältnisse aufzufinden, wie sie auf der Erde vorkommen, hat selbst sehr besonnene Forscher zu gewagten Schlüssen hingerissen. Indem man allmählich immer weiter vom Allgemeinen zum Besonderen fortging, wollte man sogar Spuren einer Pflanzenwelt, Spuren lebender, ja selbst denkender Wesen finden, zuletzt Erzeugnisse des Kunstfleißes, einzelne Gebäude, Straßen und Kanäle. Man hat ausführliche Untersuchungen über die Lebensweise der Mondmenschen angestellt, und in einzelnen Erscheinungen sogar ihr Bestreben erkennen wollen, sich mit uns durch eine Art Telegraphie in Verbindung zu setzen.* Aber leider haben diese haltlosen Untersuchungen, entsprungen aus dem verbotenen Umgange des nüchternen Forschergeistes mit der trunkenen Einbildungskraft, nicht bloß Nichts zur Erweiterung unserer Kenntniß des Mondes und der Schöpfung überhaupt beigetragen, sondern auch gegen die sicheren Ergebnisse der Beobachtung bei den Nichtkennern Mißtrauen erweckt. Ich halte es daher nicht für überflüssig, den folgenden Mittheilungen die aus-

---

* Die ausschweifendsten Versuche dieser Art hat Börne in seinem Aufsatze „die Meneen" gegeißelt (Gesamm. Schriften Th. 4).

drückliche Versicherung voraus zu schicken, daß ich nur das aufgenommen habe, was sich aus den Beobachtungen der besonnensten Forscher als unzweifelhaft ergeben hat; und da ich nicht unterlassen werde, auch die Mittel deutlich anzugeben, durch welche man dazu gekommen ist, so wird der Leser leicht im Stande seyn, sich zu überzeugen, daß diese Ergebnisse auf nicht minder sicheren Grundlagen beruhen, als alle übrigen der beobachtenden Sternkunde.

89. Aus dem Umstande, daß man immer dieselben Flecken an denselben Stellen der Mondoberfläche sieht, folgt unmittelbar, daß der Mond uns immer dieselbe Seite zukehrt. Dieß kann aber nur dadurch geschehen, daß er sich in derselben Zeit um eine Achse dreht, in welcher er seinen Lauf um die Erde vollendet. Ist der Mond in der Lage I, so sei A der Punkt seiner Oberfläche, durch welchen eine vom Mittelpunkte E der Erde nach dem Mittelpunkte M des Mondes gezogene Linie geht. Von der Erde aus gesehen, erscheint also der Punkt A in der Mitte der Mondesscheibe. Würde sich nun der Mond ohne Achsendrehung in seiner Bahn, von Westen nach Osten, fortbewegen und nach II kommen, so könnte jetzt der Punkt A nicht mehr in die Mitte, sondern müßte am Rande der sichtbaren Mondesfläche liegen. Bei der weiteren Bewegung des Mondes müßte uns dieser Punkt nun verschwinden, und wenn der Mond in die Lage III gekommen ist, läge A in der Mitte der uns unsichtbaren Halbkugel. Da wir aber einen und denselben Flecken auch immer an derselben Stelle auf der Mondesscheibe erblicken — abgesehen von einer später zu erwähnenden kleinen Verschiebung —, so folgt hieraus nothwendig, daß dieser Flecken sich genau um eben so viel, und zwar von Westen nach Osten drehen muß, als sich der Mond in seiner Bahn fortbewegt. Hat der Mond, indem er z. B. von I nach II ging, den vierten Theil seiner Bahn durchlaufen, so muß sich auch der Flecken um den vierten Theil eines Kreises gedreht haben, so daß er von A nach a gekommen ist. Da nun die Flecken feste Gegenstände auf dem Monde sind,

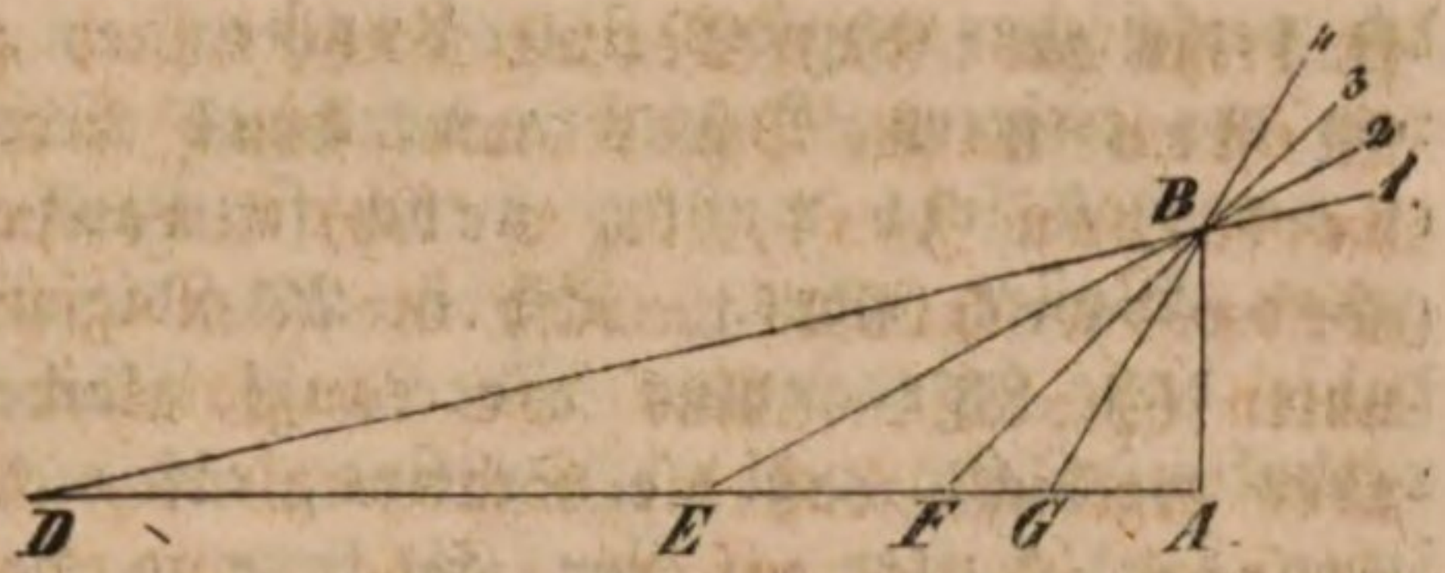


so heißt das: der Mond dreht sich gleichförmig von Westen nach Osten um eine Achse, und zwar in derselben Zeit, in welcher er seine Bahn um die Erde durchläuft, also in 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten (§. 33). Aus der Langsamkeit dieser Drehung folgt aber zugleich, daß die Schwungkraft, auf dem Monde viel geringer ist als auf der Erde; und da die Abplattung der Erde lediglich eine Folge der Schwungkraft ist (§. 84), so erklärt sich hieraus leicht, wie es kömmt, daß wir am Monde keine Abplattung bemerken. Auch ergibt sich ferner, daß wir mit allen vorhandenen und noch zu findenden Hülfsmitteln doch nur immer die Oberfläche der einen uns zugekehrten Halbkugel kennen zu lernen im Stande sind, während die andere von uns abgekehrte uns auf immer unbekannt bleiben wird.

Nennt man die beiden Endpunkte der Achse, um welche der Mond sich dreht, seine Pole, den in der Mitte zwischen ihnen liegenden größten Kreis auf dieser Fläche den Mondäquator, so sieht man leicht, daß man die Lage eines jeden Punktes auf der Mondoberfläche, in Beziehung auf diese Pole und diesen Aequator ebenso durch Länge und Breite bestimmen kann, wie man die Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche in Beziehung auf die Erdpole und den Erdäquator bestimmt (§. 24).

90. Da der Mond kein selbstleuchtender, sondern ein von der Sonne erleuchteter Körper ist (§. 33), so liegt der Gedanke, welcher sich auch schon im Alterthume ausgesprochen findet, nahe, die verschiedene Lichtstärke der einzelnen Stellen seiner Oberfläche daraus zu erklären, daß nicht alle Theile der Mondesoberfläche das Licht gleich gut zurückwerfen. So muß auch die Erde nothwendig einem außerhalb derselben befindlichen Beobachter als eine Scheibe erscheinen, auf welcher helle und dunkele Stellen mannigfach abwechseln. Viele der Flecken auf dem Monde müssen Erhöhungen über der Oberfläche seyn, also Berge. Hiervon überzeugt man sich durch folgende Bemerkung. Wenn B die Spitze eines Berges ist, dessen Höhe die Linie BA vorstellt, und die Sonne steht in 1, so wirft der Berg einen Schatten nach der von der Sonne abgekehrten Seite, dessen Länge in der Zeichnung durch die Linie AD bestimmt wird. Steigt die Sonne höher, so wird

der Schatten kürzer, wie wir dieß schon früher (§. 21) besprochen haben, ist die Sonne in 2, so ist E die Gränze des Schattens, steigt die



Sonne nach 3 und 4, so wird sich auch der Schatten nach F und G zurück ziehen. Man denke sich nun, AB sei die Höhe eines Berges auf dem Monde, so müssen sich gleiche Erscheinungen zeigen. Steht die Sonne noch tief, so muß dieser Berg nach der von der Sonne abgekehrten Seite hin einen Schatten werfen; wir müssen also von der Erde aus, wenn der Schatten nur lang genug ist, diesen als einen schwarzen Flecken sehen, welcher sich aber immer mehr zusammen ziehen muß, je höher die Sonne über den Berg heraufsteigt, und er muß zuletzt ganz verschwinden, wenn die Sonne gerade über demselben steht. Wirklich aber bemerken wir bei vielen Mondflecken Erscheinungen, die dieser Beschreibung vollkommen entsprechen; wir können daher nicht bezweifeln, daß diese Flecken wirklich Berge sind. Da man aus der bekannten Stellung des Mondes und der Erde jedesmal berechnen kann, welche Höhe die Sonne, in Beziehung auf irgend einen Ort des Mondes erreicht hat, so kann man aus der Länge des Schattens auch die Höhe des Berges berechnen; man kann in unserer Zeichnung die Höhe AB finden, sobald man die Länge AD und den Winkel kennt, welchen diese Linie mit der nach der Sonne gezogenen Linie D1 einschließt. Man sieht mithin, wie man auf diesem Wege die Höhe der Mondberge finden konnte; freilich hat man aber zu diesem Zwecke genauere Methoden, die ich indessen hier nicht auseinander setzen kann.

Was schon dem unbewaffneten Auge, am deutlichsten im Vollmonde, auffällt, das sind mehre größere und kleinere graue Flecken, welche theils von der helleren Mondesfläche scharf getrennt sind, theils allmählich in dieselbe übergehen und sich mit ihr vermischen. Man hat sie früher für Meere gehalten, und auch jetzt nennt man sie noch so, wiewohl man die sichere Ueberzeugung erlangt hat, daß sie kein Wasser enthalten können. Denn abgesehen davon, daß ihre Farbe durchaus nicht gleichförmig ist, bemerkt man in ihnen auch

die verschiedenartigsten Unebenheiten, die sich an Farbe von den tieferen Gegenden durchaus nicht unterscheiden, wie es der Fall seyn müßte, wenn sie Land und das tiefer Liegende Wasser wäre. Schon aus diesem Grunde hat man daher diese sogenannten Meere als Flächen anzusehen, welche verhältnißmäßig viel ebener sind, als die sie umgebenden helleren Landschaften. Aber es kann auch überhaupt auf dem Monde keine unseren Meeren und Flüssen ähnliche Wasseransammlungen geben. Der Mond ist nämlich entweder von gar keiner, oder von einer so äußerst feinen Lufthülle umgeben, daß ihre Dichtigkeit im Verhältniß zur Dichtigkeit der Lufthülle, welche unsere Erde umgibt, höchst unbedeutend ist. Es kann sich eine Flüssigkeit aber nur unter dem Luftdrucke erhalten; nimmt man diesen weg, bringt man z. B. Wasser unter eine Luftpumpe und leert die Luft aus, oder verdünnt sie wenigstens sehr stark, so verwandelt sich dieses Wasser in Dampf. Würde plötzlich die Erde ihre Lufthülle verlieren, so würden sich sogleich die Meere und Flüsse in Dampf verwandeln. Und so hätte auch längst alle Flüssigkeit auf dem Monde in Dampf übergehen müssen.

Daß der Mond aber wirklich keine Lufthülle von erheblicher Dichtigkeit besitzt, ergibt sich unzweifelhaft aus den Sternbedeckungen (§. 33). Tritt der Mond vor einen Fixstern, so verschwindet dieser plötzlich und in vollem Glanze, während sein Licht allmählich abnehmen müßte, wenn er erst hinter die Lufthülle des Mondes träte. Nach den Berechnungen Bessels, eines der größten jetzt lebenden deutschen Astronomen, kann selbst unter den möglichst günstigen Voraussetzungen die Lufthülle des Mondes, wenn sie überhaupt der unsrigen ähnlich seyn soll, doch nur ungefähr den tausendsten Theil von deren Dichtigkeit haben. Daher kann es auf dem Monde unmöglich Wolken, Regen und eben so wenig Ströme oder gar Meere geben, seine Oberfläche besteht vielmehr ganz und gar aus festem Lande, und schon hierin zeigt sich deren Bau gänzlich verschieden von dem der Erdoberfläche.

91. Die helleren Landschaften des Mondes sind fast alle gebirgig; diese Berge lassen sich in zwei große, ihrem Bau nach wesentlich verschiedene, Klassen theilen. Die eine Klasse enthält die Berge, welche denen unserer Erde ähnlich sind;

wiewohl sie an Höhe hinter diesen zurückbleiben, da die höchsten Berge auf der uns zugekehrten Seite des Mondes nicht über 18000 Fuß ansteigen (vergl. §. 1), so sind sie doch viel steiler. Sie bilden meistens zusammenhängende Bergketten mit einzelnen Gipfeln, theils über einander liegende breite Massen mit einschneidenden oder durchgehenden Thälern, theils Hochlande. Auch kommen viel häufiger als auf der Erde einzelne aus der Ebene hervorragende Berge von allen Gestalten und Größen vor.

Die zweite Klasse von Bergen läßt sich im Allgemeinen so bezeichnen, daß sie die Form hohler Röhren haben, weswegen man sie Ringgebirge nennt. Sie kommen eben so wohl mitten in Gebirgen als auf ebener Fläche vor, im südlichen Theile des Mondes jedoch häufiger als im nördlichen; in manchen Gegenden nehmen sie den ganzen Boden ein, so daß auf weit und breit kein ebenes Land zu finden ist. Will man sie mit einem entsprechenden Gebilde auf der Erde vergleichen, so wird man an die Oeffnungen unserer thätigen oder ausgebrannten Vulkane denken müssen, wiewohl sie doch wieder sehr von solchen verschieden sind. Die Höhlung geht gewöhnlich tiefer als die benachbarte Ebene hinab, und im Inneren erheben sich häufig wieder Berge — sogenannte Centralberge — die aber nie die Höhe des Ringgebirges erreichen, auch in der Regel mit diesem nicht zusammenhängen. Die Höhe der Ringgebirge kann bis 12000, in einzelnen Fällen sogar bis 16000 Fuß ansteigen, während die höchsten Centralberge nur 4000 bis 5000 Fuß betragen. Der Durchmesser der Ringgebirge ist mitunter zehn bis zwölf Meilen. Solche, bei welchen der Durchmesser nur eine Meile und darunter beträgt, sogenannte Krater, gibt es in ungeheuerer Menge. Auch gibt es viele Gruben d. h. Vertiefungen, die entweder von gar keinem erhöhten Walle umgeben sind, oder wo dieser doch so niedrig ist, daß wir ihn nicht mehr bemerken. Auch in diesen kleineren Ringgebirgen bemerkt man noch zuweilen Centralberge, deren Höhe sich jedoch im Allgemeinen nach der Höhe des Ringgebirges selbst richtet. Die Ringgebirge haben alle einen bemerkbaren Boden, sie gehen keinesweges in unbestimmte Tiefe fort, was man ganz deutlich an dem hineinfallenden Schatten bemerken kann.

Der Gedanke, die Ringgebirge als Folge vulkanischer

Ausbrüche zu betrachten, liegt sehr nahe, allein wir werden uns wohl diese Naturthätigkeit anders als bei unseren Vulkanen zu denken haben. Denn, wenn wir einmal annehmen, daß der Mond keine Lufthülle hat, so sind vulkanische Brände auf dem Monde schwer zu begreifen, indem solche bei uns ohne Vorhandenseyn der Luft unmöglich wären. Freilich wollen einige Beobachter wirklich brennende Vulkane auf dem Monde gesehen haben. Indessen hat sich später gezeigt, daß die Lichtpunkte, die man dafür gehalten hat, nichts anderes sind als hohe Gebirge, die das Licht, welches sie von der Erde erhalten (§. 34), noch sehr stark zurückwerfen, wenn die ganze Ebene, die sie umgibt, schon in Nacht liegt. Will man aber eine Naturkraft, welche irgendwie von innen nach außen wirkt, eine vulkanische nennen, so ist es höchst wahrscheinlich, daß eine solche wirklich bei der Bildung der Ringgebirge thätig gewesen ist; die Centralberge hätte man sich dann als Folge einer späteren schwächeren Wirkung zu denken, die nur noch Hebungen, aber kein Fortschleudern der Masse mehr bewirken konnte. Ob diese Kraft noch gegenwärtig thätig ist und Veränderungen auf der Mondesoberfläche hervorbringt, läßt sich vorläufig weder bejahen noch verneinen. Gewiß aber ist es, daß die Veränderungen, welche mehre Beobachter gesehen haben wollen, wo sie nicht auf offenbaren Verwechselungen beruhen, sich einfach daraus erklären, daß die Gebilde des Mondes, je nachdem sie bei verschiedenem Stande der Sonne verschieden beleuchtet werden, auch einen ganz verschiedenen Anblick gewähren. Jedenfalls hat einst diese vulkanische Thätigkeit auf dem Monde eine ungleich bedeutendere Rolle gespielt, als die ihr entsprechende auf der Erde, denn die größten Oeffnungen unserer Vulkane betragen kaum so viel als die kleinsten erkennbaren Gruben auf dem Monde.

Ein anderes merkwürdiges Gebilde, welches dem Monde im Gegensatze zur Erde eigenthümlich zu seyn scheint, sind die sogenannten Rillen, schmale tiefe Furchen, die entweder gerade aus oder auch in mäßigen Krümmungen fortgehen und sehr steile aber niedrige Ränder haben. Im Vollmonde zeigen sie sich als zarte weiße Linien; ihre Breite beträgt nie über vier bis fünf tausend Fuß, in vielen Fällen ist sie jedoch viel kleiner, ihre Länge wechselt zwischen zwei und 25 Meilen. Sie kommen in allen Gegenden des Mondes vor,

und scheinen an keine besonderen örtlichen Verhältnisse gebunden zu seyn. Einige endigen in Kratern, andere ziehen durch solche durch, wieder andere gehen dicht an Kratern vorüber, während viele auch in Ebenen liegen und an ihren Endpunkten gar Nichts, was diese besonders auszeichnete, zeigen. Nur den eigentlichen Hochgebirgen scheinen sie ganz zu fehlen. Wenige durchkreuzen oder vereinigen sich, in den meisten Fällen ziehen sie getrennt fort.

Mitunter hat man diese Rillen für Flüsse gehalten. Sprechen wir dem Monde überhaupt das Wasser ab, so fällt dieser Gedanken von selbst weg. Aber man könnte vielleicht annehmen, sie seien das ausgetrocknete Bett früherer Mondflüsse. Indessen sieht man leicht ein, daß unsere Flüsse, wenn sie austrocknen sollten, einem Beobachter auf dem Monde einen durchaus verschiedenen Anblick darbieten müßten. Denn weder ihre Breite noch ihre Tiefe wäre bedeutend genug, als daß man sie ihrer ganzen Länge nach verfolgen könnte; von vielen würde man gar nichts, von den Meisten nur die Mündung sehen, von welcher ab sie, indem sie allmählich schmäler werden, sich ganz verlieren würden. Die Rillen dagegen haben fast immer gleiche Breite oder sind in der Mitte breiter als an beiden Enden. Selten, wie ich schon bemerkt habe, vereinigen sich mehrere, und die Tiefe ist bei allen bedeutend, bei den meisten wohl viele hundert Fuß, manche sind nur zehn bis zwölf mal so lang als breit; wo käme etwas Aehnliches bei unseren Flüssen vor? Auch daß sie durch Krater ziehen und sogar den Wall des Kraters häufig durchbrochen haben, läßt sich schwerlich mit einem Wasserlaufe vereinigen. Es ist viel wahrscheinlicher, daß auch diese Rillen durch eine vulkanische Kraft, in dem oben angeführten Sinne des Wortes, entstanden sind, eine Kraft, welche nicht, wie bei der Kraterbildung, an einer bestimmten Stelle einen Ausbruch bewirken konnte, sondern gezwungen war, sich unter der Oberfläche fort zu ziehen und den Boden der Länge nach zu spalten. Es ist interessant, daß auch am Aetna, wenn auch freilich in viel kleinerem Maßstabe, solche Spalten vorkommen, welche die unter der Erde fortziehende Lava gebildet hat.

Eine höchst sonderbare Erscheinung, zu welcher sich auf unserer Erde gar nichts Entsprechendes auffinden läßt, sind die sogenannten Lichtstreifen oder Strahlensysteme.

Sieben größere Ringgebirge sind nämlich von strahlenartig fortziehenden hellglänzenden Lichtstreifen umgeben, und bei mehreren anderen wiederholt sich dieselbe Erscheinung in geringerem Maßstabe und weniger ausgebildet. Die Breite dieser Streifen beträgt gewöhnlich drei bis vier Meilen, manche sind jedoch viel schmäler, einige noch nicht $^1/_4$ Meile breit. Sie ziehen in einer Länge von 30, 50, sogar hundert Meilen und mehr, ohne allen Unterschied über alle Mondgebilde, über Ebenen, Berge, Krater und Rillen, in gerader Linie fort, ohne durch diese irgend eine Abänderung zu erleiden. An einigen Stellen vereinigen sie sich, an anderen gehen Nebenzweige von ihnen aus, selten werden sie krummlinig, häufig laufen mehrere neben einander her. Das ausgedehnteste Strahlensystem geht von dem mächtigen Ringgebirge aus, welches den Namen Tycho führt, hier gehen mehr als hundert unterscheidbare, meistens einige Meilen breite Lichtstreifen aus und ziehen über einen großen Theil der sichtbaren Mondesfläche. Früher hat man diese Streifen häufig für Erhöhungen gehalten, allein das können sie unmöglich seyn, da sie nicht, wie solche, bei tieferem Stande der Sonne besser sichtbar werden, sondern vielmehr verschwinden und im Gegentheile bei höherem Stande der Sonne, wo die Gebirge verschwinden, und nicht mehr von der übrigen beleuchteten Fläche des Mondes zu unterscheiden sind, erst recht sichtbar werden. So z. B. kann das erwähnte Strahlensystem beim Ringgebirge Tycho erst im Vollmonde ganz gesehen werden, dagegen verschwinden die Streifen, sobald sich die Bergschatten zeigen. Und umgekehrt ist selbst von den höchsten Ringgebirgen nichts mehr zu sehen, sobald sich die Lichtstreifen deutlich zeigen.

Andere haben diese Strahlensysteme für Lavaströme gehalten, die aus den vulkanischen Ringgebirgen ausströmten und sich nach allen Seiten verbreitet haben. Indessen müßte man dann doch vermuthen, daß ein solcher Strom, von den Höhen herab kommend, sich in die Tiefe ergießen würde, während die Strahlensysteme geradeaus durch die Wälle der Krater ziehen, ohne die hinter ihnen liegenden Tiefen auszufüllen.

Daß diese Lichtstreifen stark spiegelnde Flächen sind ist klar, daß ihre Bildung mit den Ringgebirgen, von welchen sie ausgehen, im genauesten Zusammenhange steht, kaum zu bezweifeln; sie sind also wahrscheinlich ebenfalls Folge irgend einer

vulkanischen Wirkung, wenn wir auch diese nicht genauer angeben können. Es darf uns aber nicht wundern, daß uns die Mondesoberfläche so manches Unerklärliche darbietet, wenn wir bedenken, wie räthselhaft einem Beobachter auf dem Monde die Erscheinungen seyn müssen, welche ihm die Erde darbietet. Wie wird er sich unsere Oceane und die darin liegenden Inseln, wie unsere Flüsse deuten?

Sind uns aber schon die Gebilde des Mondes im Großen unverständlich, so wird es uns noch weniger möglich seyn, über Pflanzen und Thiere, die er etwa enthält, irgend eine bestimmte Vorstellung zu haben. Einige Bemerkungen über das Verhältniß des Lichtes und der Wärme auf dem Monde werden aber wenigstens zeigen, daß die organischen Wesen, die sich etwa auf demselben befinden — und warum sollte er nicht solche enthalten? — ganz anders gebaut seyn müssen als die irdischen.

92. Da der synodische Monat 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten und etwas darüber (§. 33) beträgt, so hat durchschnittlich jeder Ort auf dem Monde, während der Hälfte dieser Zeit, also während fast 15 Tagen, die Sonne, welche dort ungefähr eben so groß wie bei uns erscheint, über dem Horizonte und dann folgt eine eben so lange Nacht. Wie aber bei der Erde, während eines Jahres, die Länge des Tages, im Gegensatze zur Nacht, Aenderungen unterworfen ist (§. 27), so wird dieß auch beim Monde der Fall seyn, nur mit dem Unterschiede, daß sie viel kleiner sind, weil die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik nur ungefähr 1 Grad 29 Minuten beträgt. Daher fangen auch erst in dieser Entfernung von den Polen die Gegenden an, wo die Sonne entweder gar nicht auf- oder gar nicht untergeht, da sie nie tiefer als 1 Grad 29 Minuten unter den Horizont des Pols sinken und auch nie höher herauffteigen kann. Aber schon auf der Spitze eines Berges von 1800 Fuß Höhe wird man 1 Grad 29 Minuten unter den Gesichtskreis der umliegenden Ebene sehen, dort verliert man also die Sonne nie aus den Augen. Da sich nun in der Nähe beider Pole des Mondes Berge finden, welche weit höher sind, am Nordpole von 9000 Fuß, am Südpole von mehr als 20000 Fuß, so folgt, daß man dort immer Sonnenschein hat. An den Mondpolen werden also die Wärmeverhältnisse durchaus andere seyn

als an den Erdpolen. Dagegen gibt es dort auch sehr tiefe Gruben, in welche also nie das Sonnenlicht fällt.

Wie die Dauer der Tage, so ist auch die Höhe, welche die Sonne an irgend einem Mondorte erreicht, wenig verschieden. Der Unterschied kann nur das Doppelte von 1 Grad 29 Minuten oder ungefähr 3 Grad betragen, während er auf der Erde zweimal 23 Grad 28 Minuten beträgt (§. 27, 28). Daher kann auf dem Monde kaum von einem Wechsel der Jahreszeiten die Rede seyn. Der gänzliche Mangel einer Lufthülle bewirkt auch, daß dort der helle Tag sehr rasch auf die dunkele Nacht folgt, da von einer Dämmerung (§. 29) nicht die Rede seyn kann, und nur der allmählige Sonnenauf- und Untergang einen Unterschied macht. Eine andere Folge des Mangels einer Lufthülle ist auch der, daß dort der Himmel nicht blau erscheinen kann, wie bei uns, da die blaue Farbe eben nur durch unsere Lufthülle hervorgerufen wird, sondern wahrscheinlich schwarz ist, da er auch bei uns schon in großen Höhen schwarzblau erscheint.

In Beziehung auf die Nächte muß man die uns abgewandte Halbkugel von der uns zugekehrten unterscheiden. Auf jener sieht man nur die Fixsterne und Planeten — die Erde ausgenommen —. Auf dieser dagegen die von der Sonne erleuchtete Erde als eine Scheibe, welche 14 mal größer als uns die Mondesscheibe erscheint (§. 88), und zwar erscheint sie bald mehr bald weniger erleuchtet d. h. sie zeigt dem Monde verschiedene Gestalten, wie er uns, aber sie bleibt, abgerechnet von kleinen sogleich weiter zu erörternden Schwankungen, für jeden Ort auf dem Monde immer an derselben Stelle; denn obgleich wegen der Achsendrehung des Mondes dem Bewohner desselben die Erde sich zu bewegen scheinen würde, so wird doch dieser Schein wieder dadurch aufgehoben, daß sich der Mond genau in derselben Zeit um die Erde bewegt, in welcher er sich um seine Achse dreht (§. 89.). In der That ist aber diese Uebereinstimmung zwischen der drehenden und fortschreitenden Bewegung des Mondes doch nicht vollkommen genau, und hieraus in Verbindung mit einigen anderen Ursachen entspringt sowohl eine geringe scheinbare Bewegung der Erde für einen Beobachter auf dem Monde, als auch umgekehrt der Umstand, daß wir nicht immer genau denselben Theil der Mondesoberfläche sehen (§. 89).

In dieser Beziehung bedarf das früher Gesagte einer kleinen Berichtigung. Bemerkt man nämlich zu einer gewissen Zeit, daß ein bestimmter Flecken gerade in der Mitte der Mondesscheibe liegt, so wird man finden, daß er zu einer anderen Zeit bald nach der einen, bald nach der anderen Seite fortgerückt zu seyn scheint. Ebenso werden an dem einen Rande Gegenstände verschwinden, während andere vorher unsichtbare an dem anderen erscheinen. Auf diese Weise können die einzelnen Gegenstände fast um den achten Theil des Mondesdurchmessers ihren Ort verändern. Man nennt dieß die Libration oder Schwankung des Mondes, und kann sich sehr genau Rechenschaft über ihren Ursprung geben. Zunächst ist die Achsendrehung des Mondes, so viel wir wissen, eine vollkommen gleichförmige, aber seine Bewegung um die Erde eine ungleichförmige. Schon aus diesem Grunde können sich also beide Bewegungen nicht völlig ausgleichen, wenn auch die ganze Zeit der Umdrehung und des Umlaufes dieselbe ist. Dazu kömmt, daß die Drehungsachse des Mondes nicht senkrecht auf seiner Bahn steht, daher bleiben die Pole des Mondes nicht im Rande der Mondesscheibe, sondern werden uns wechselweise um ein Weniges zu- und abgewandt, wodurch mithin eine Verschiebung aller Flecken entstehen muß.

Aus diesem Grunde bleibt uns nur etwas mehr als zwei Fünftel der ganzen Mondesoberfläche für immer verborgen; was wir aber von der jenseitigen Halbkugel des Mondes sehen, läßt uns schließen, daß sie sich von der diesseitigen im allgemeinen Baue durchaus nicht unterscheidet.

93. Aus den eben geschilderten Verhältnissen ergibt sich, daß die Bedürfnisse denkender Wesen, wenn solche auf dem Monde seyn sollten, und die zu ihrer Befriedigung erforderlichen künstlichen Einrichtungen, wie z. B. ihre Bauten, wesentlich von den unsrigen verschieden seyn werden, und diese uns daher unverständlich bleiben würden, auch wenn wir sie sehen könnten. Aber die Hoffnung, solche Gegenstände auf dem Monde zu erblicken müssen wir wohl für immer aufgeben. Denn die besten Frauenhofer'schen Fernrohre vergrößern nur etwa 800 mal; gesetzt jedoch, es gelänge bei unseren Fernrohren eine zehntausendfache Vergrößerung anzubringen, so würden wir den Theil des Mondes, welchen wir im Fern-

rohre haben, so sehen, als wenn er fünf Meilen von uns entfernt wäre. Wer kann aber in dieser Entfernung noch einen Gegenstand von einigen hundert Fuß Höhe erkennen? Allein wir sind in Wahrheit noch weit davon entfernt, solche Vergrößerungen bei unseren Fernrohren anbringen zu können, und sie würden uns auch nichts nützen, wenn wir nicht zugleich ein Mittel erfänden, in demselben Verhältnisse, wie die Vergrößerungen wachsen, auch die Undurchsichtigkeit der Luft zu vermindern. In der That werden die Bewegungen der Lufttheilchen immer merkbarer und üben einen immer störenderen Einfluß auf die Beobachtungen, je stärker die Vergrößerung ist. Nach Bessels (§. 90) Erfahrungen ist es selbst bei dem besten Fernrohre selten von Nutzen, auch in der ruhigsten Luft, eine stärkere Vergrößerung als eine dreihundertfache zur Beobachtung der Gegenstände auf dem Monde anzuwenden, und weit häufiger wird eine solche nicht vortheilhafter seyn als eine halb oder ein Drittel so große. Mit 300maliger Vergrößerung sieht man aber die Gegenstände auf dem Monde so groß, wie sie in einer Zeichnung desselben, die $27^1/_2$ Zoll im Durchmesser hat, in der Entfernung der deutlichen Sehweite d. h. in einer Entfernung von 10 Zoll erscheinen. In einer solchen Zeichnung gehen also 17 Meilen auf einen Zoll, da der Durchmesser des Mondes 468 Meilen beträgt (§. 88), mithin kann man selbst bei einer 300fachen Vergrößerung nicht mehr Einzelnes auf dem Monde sehen, als man auf einer Landkarte, die nach dem Maßstabe von 17 Meilen auf einen Zoll gezeichnet ist, wahrnehmen kann, wenn man sie zehn Zoll vom Auge entfernt hält. Künftige Beobachter werden daher schwerlich Festungswerke und Thürme auf dem Monde suchen, sondern sich dem weit hoffnungsreicheren Geschäfte unterziehen, die Naturanlage des Mondes in ihren großen Zügen möglichst genau zu untersuchen.

94. Was man bis jetzt über die Oberfläche des Mondes weiß, verdankt man fast ausschließlich dem Fleiße deutscher Forscher. Der Bürgermeister Hevel in Danzig* war der

---

* Johann Hevel, einer der ausgezeichnetsten Astronomen seiner Zeit, wurde 1611 zu Danzig geboren. Seine sehr wohlhabenden Eltern ließen ihn, nachdem er seine Schulbildung vollendet hatte, von 1630 bis 1634 durch Holland, Frankreich, England und Deutschland reisen. Nach Hause zurückgekehrt, widmete er sich mit großem Eifer

erste, welcher 1647 eine Beschreibung des Mondes herausgab, ein für seine Zeit höchst bedeutendes Werk, welches außer einer Karte der ganzen sichtbaren Halbkugel noch vierzig einzelne Karten über den Anblick des Mondes in verschiedenen Lichtgestalten enthält, sämmtlich von Hevel selbst gezeichnet und gestochen. Den einzelnen Flecken gab er Namen, die er von Bergen, Flüssen, Ländern und Meeren unserer Erde entlehnte. Er bestimmte auch die Höhe einiger Mondberge, und fand die höchsten ziemlich genau zu $^2/_3$ Meilen, zu einer Zeit, wo man die Höhe der höchsten Erdberge noch so wenig kannte, daß sie Hevel zu $^1/_4$ Meile annahm während andere sie über 5 Meilen hoch schätzten. Nicht lange darauf gab ein Italiener, der Pater Riccioli, viel schlechtere Mondkarten heraus; das einzige Neue, was er mitzutheilen wußte, waren neue Namen, indem er statt der von Hevel eingeführten die Namen berühmter Gelehrten zur Bezeichnung der Flecken wählte, wobei er sich selbst auch nicht vergaß. Den sogenannten Meeren (§. 90) gab er noch außerdem wunderliche Namen wie: das Land des Lebens, der Sumpf des Schlafes und ähnliche. Die Laune des Zufalls hat gewollt, daß diese Namen allgemeinen Eingang gefunden haben, und um die Gleichmäßigkeit nicht zu stören, pflegt man auch jetzt neu entdeckte Gegenstände auf dem Monde mit den Namen neuerer Naturforscher und Mathematiker zu bezeichnen. Eine vollständigere aber nicht genauere Mondkarte als die Hevel'sche gab Cassini 1680 heraus. Weit genauer als die früheren war die Mondkarte des berühmten Astronomen Tobias Mayer, welche

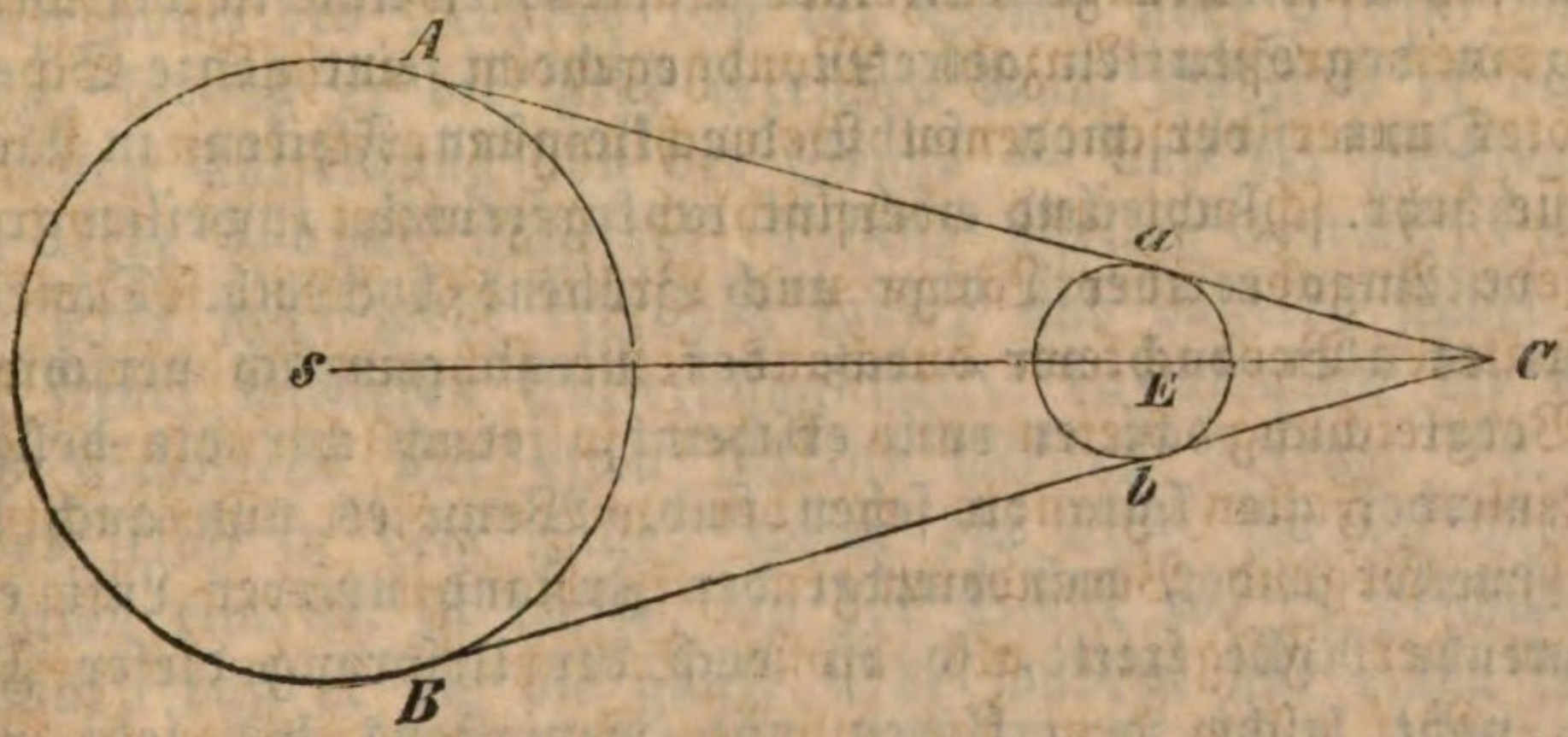
---

der Sternkunde und ließ 1641 in seinem Hause eine Sternwarte bauen, welche mit sehr guten Werkzeugen versehen war. Hier stellte er neben den bereits erwähnten Beobachtungen über den Mond, noch viele andere astronomische Beobachtungen an, die er in verschiedenen Schriften bekannt gemacht hat. Seine Thätigkeit wurde auf eine traurige Weise durch einen Brand unterbrochen, welcher 1679 sein ganzes Haus nebst der Sternwarte, den Werkzeugen, seinen Büchern und Handschriften verzehrte. Er starb 1687 gerade an seinem Geburtstage. Hevel konnte sehr gut zeichnen und in Kupfer stechen, und hat sich auch fast alle seine Werkzeuge selbst verfertigt. Von allen seinen Gehülfen, deren er während seiner langen Laufbahn sehr viele hatte, zeigte keiner so viel Ausdauer und Geschicklichkeit, als seine zweite Frau, die ihn zehn Jahre lang sehr eifrig bei seinen Beobachtungen unterstützte, und nach seinem Tode noch einige seiner Werke herausgab.

1775 erschien, aber schon 25 Jahre früher angefertigt war, und sie ist bis vor nicht langer Zeit die beste gewesen. Zwar wandte Schröter in Lilienthal lange Jahre hindurch den größten Fleiß auf die Beobachtung des Mondes, indessen sind die Früchte seiner Arbeit weit hinter seinen Anstrengungen zurückgeblieben. Im Jahre 1791 gab er ein großes Werk über den Mond, nebst einem Bande Kupfertafeln heraus. Die allgemeine Mondkarte ist die Mayer'sche, daneben aber finden sich eine Menge einzelner Karten, welche die Darstellung einer großen Anzahl Mondgegenden enthält, wie sie Schröter unter verschiedenen Beleuchtungen erschienen. Leider sind sie sehr schlecht und oberflächlich gezeichnet, es fehlt sogar jede Angabe über Länge und Breite (§. 89), so daß sie den späteren Beobachtern durchaus keine sicheren Anhaltspunkte zur Vergleichung bieten und daher so ziemlich nutzlos sind. In vielen Fällen glaubte er bei wiederholter Beobachtung derselben Gegend Veränderungen gefunden zu haben, die sich aber in der Folgezeit als bloße Täuschungen herausgestellt haben. Bei allem dem hat indessen Schröter doch große Verdienste um die Kenntniß der Mondoberfläche, so wie er namentlich viele Höhen und Tiefen genau bestimmt hat. Seit Schröter lag dieser Theil der beobachtenden Sternkunde fast ganz brach, bis Lohrmann in Dresden im Jahre 1824 mit dem Anfange einer neuen Beschreibung der Mondesoberfläche hervortrat. Leider sind von den 25 Blättern, die seine Mondkarte ausmachen sollten, nur vier erschienen, aber diese lassen alles Frühere, nicht bloß an Schönheit der Ausführung sondern auch an Genauigkeit und Mannigfaltigkeit der aufgefundenen Gegenstände, weit hinter sich. Endlich haben Beer und Mädler in Berlin im Jahre 1836 eine Mondkarte in vier lithographirten Blättern erscheinen lassen, welche die astronomische Welt allgemein als ein Meisterwerk anerkannt hat. Etwas später haben sie auch eine ausführliche Beschreibung des Mondes folgen lassen, der ich hauptsächlich im Vorhergehenden gefolgt bin. Auch haben sie eine kleinere Karte, auf welcher die ganze sichtbare Oberfläche des Mondes dargestellt ist, herausgegeben, deren Anschaffung ich den Lesern, welche sich eine richtige Vorstellung von der Oberfläche des Mondes verschaffen wollen, anrathe. In der neuesten Zeit hat Mädler, welchem unterdessen die Leitung der Sternwarte

zu Dorpat übertragen worden ist, dort noch Manches mit Hülfe des großen Frauenhoferschen Fernrohrs (§. 74) gefunden.

95. Ich habe schon früher im Allgemeinen von den Sonnen- und Mondfinsternissen gesprochen (§. 34), ich will nun diese merkwürdigen Erscheinungen mehr im Einzelnen betrachten. Wenn der Kreis S die Sonne, der Kreis E die Erde bedeutet, so sieht man, daß die Erde immer einen kegel-



förmigen Schatten hinter sich wirft, dessen Spitze in c liegt. Zu allen Punkten hinter der Erde nämlich, welche innerhalb des Raumes liegen, der von den die Erleuchtungsgrenze bildenden Linie ac und bc begrenzt wird, kann kein Sonnenstrahl dringen. Ein von der Sonne erleuchteter Körper, der in diesen Schatten tritt, muß uns also unsichtbar werden, und dieß ist die einzige Art, wie wir uns von dem Vorhandenseyn dieses Schattens überzeugen können. Die Länge des Schattens ändert sich nothwendig mit der verschiedenen Entfernung der Erde von der Sonne; er wird am längsten, bei der größten Entfernung und beträgt dann über 188000 Meilen, während er bei der kleinsten Entfernung noch 182000 Meilen beträgt.

Da die Planeten sämmtlich viel weiter von der Erde entfernt sind, so kann keiner derselben durch den Erdschatten erreicht werden, wohl aber der Mond, der nur höchstens 54640 Meilen von der Erde entfernt ist (§. 33).

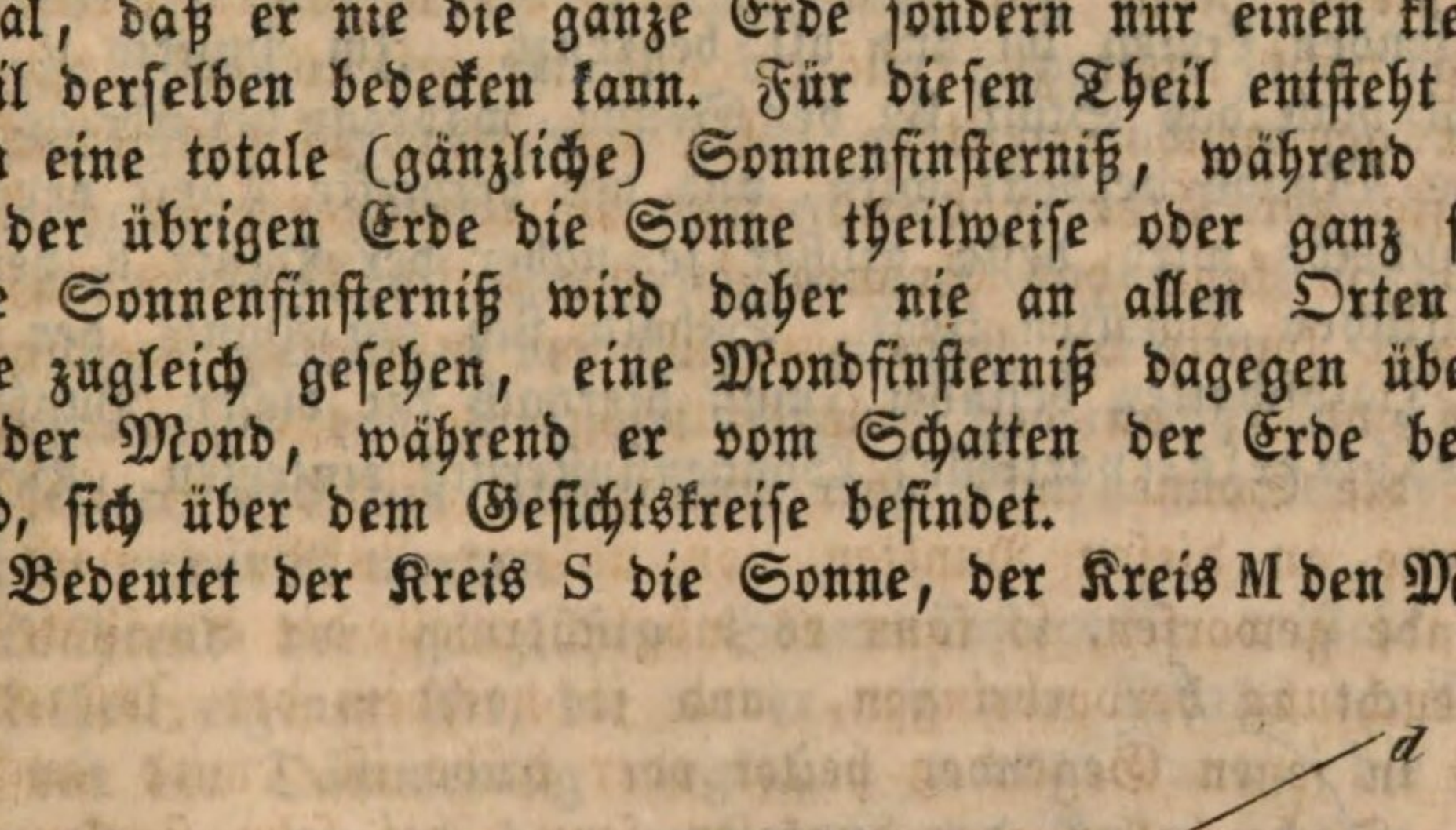
Es entsteht alsdann eine gänzliche (totale) Finsterniß, wenn er ganz im Schatten liegt, eine theilweise (partielle) wenn er nur zum Theil darin liegt; nie kann es aber vorkommen, daß er an beiden Enden aus dem Schatten hervorragt, so daß er nur in der Mitte verdunkelt würde, weil der Erd-

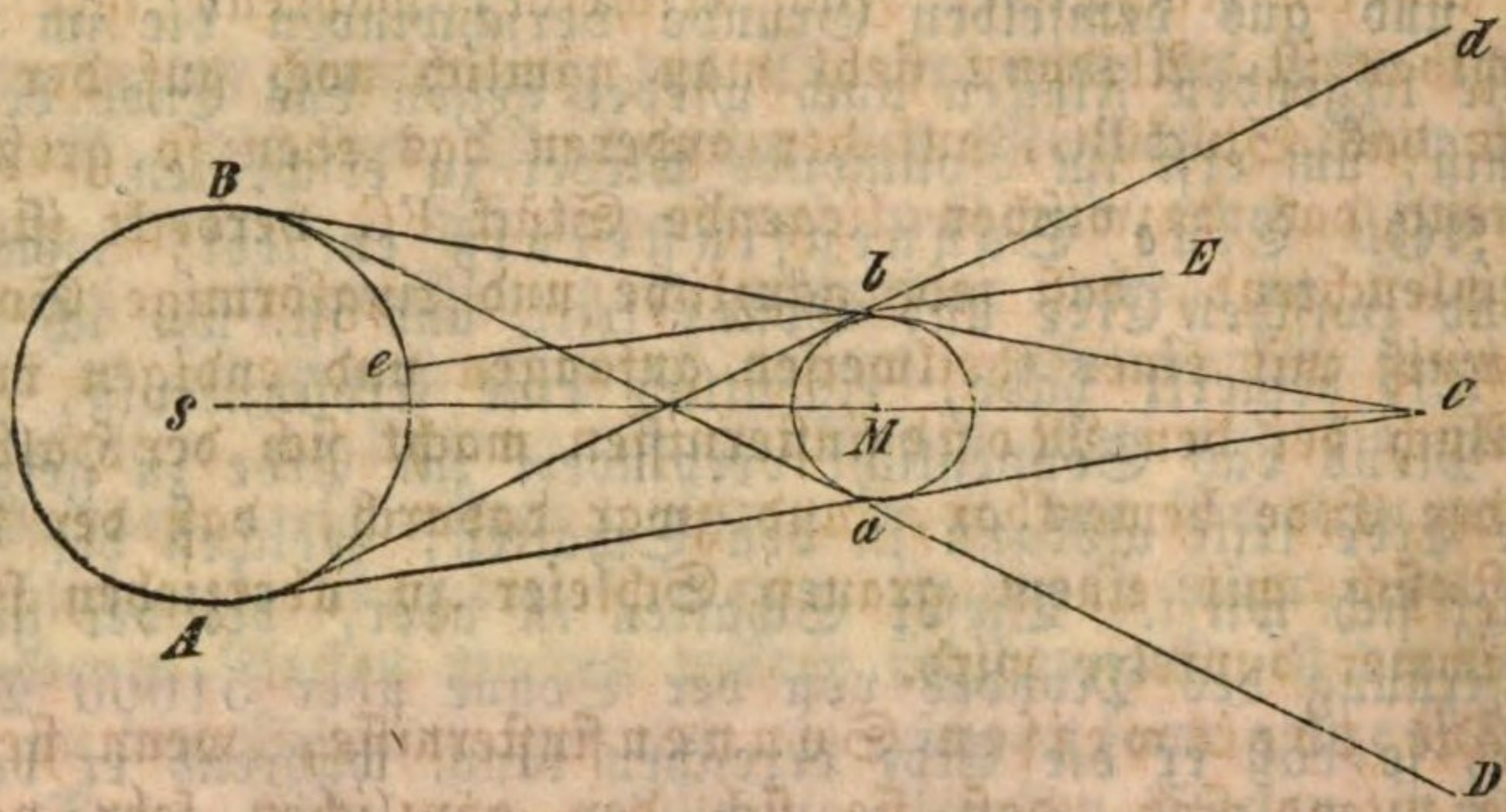
schatten in der Entfernung des Mondes von der Erde immer breiter ist, als der Durchmesser des Mondes. Man sollte hiernach erwarten, daß der Mond während einer gänzlichen Finsterniß auch wirklich ganz unsichtbar wird, in Wahrheit verhält es sich jedoch meistens anders. Gewöhnlich zeigt sich der Schatten im Anfang der Finsterniß grau und die Flecken des Mondes verschwinden, wenn sie in den Schatten treten. Allmählich geht aber dieses Grau in Roth über, die verschwundenen Flecken werden wieder sichtbar, und ist der Mond völlig in den Schatten getreten, so erscheint seine ganze Scheibe roth. Dann sieht man selbst die kleinsten Flecken in dieser Beleuchtung. Zuweilen erscheint er kupferroth, zuweilen grauroth, mitunter rosenroth oder auch glühend hochroth. Daneben kömmt es aber auch vor, daß der Mond gänzlich verschwindet, oder auch daß er roth erscheint, jedoch nur die hellsten Flecken oder gar keine zu sehen sind. Wenn es nun auch keinen Zweifel leidet, daß hierbei der Zustand unserer Luft eine bedeutende Rolle spielt, so ist doch der Ursprung dieser Färbung nicht leicht zu erklären und wenigstens bis jetzt noch nicht genügend ermittelt. Da die dem Monde zugekehrte Hälfte der Erde während einer Mondfinsterniß im Schatten liegt, so kann das Sonnenlicht nur durch Vermittelung derjenigen Punkte der Erde zum Monde gelangen, welche, wie in a und b, an der Erleuchtungsgränze liegen, für welche also die Sonne auf- oder untergeht. Wird das Licht der Sonne an diesen Punkten von unserer Lufthülle nach dem Monde geworfen, so kann es möglicherweise die erwähnte rothe Beleuchtung hervorbringen, und je nachdem der Zustand der Luft in jenen Gegenden heiter oder trübe ist, wird auch die rothe Farbe heller oder dunkeler seyn, bei sehr starker Trübung wird sie aber gar nicht vorhanden seyn und dann der Mond gänzlich verschwinden. Bedenkt man, daß auch unsere Morgen- und Abenddämmerungen dieselben Farbenabstufungen vom brennendsten Hellroth bis zum Dunkelgrau zeigen, so gewinnt diese Vermuthung an Wahrscheinlichkeit. Daß die Mondesflecken im Anfange der Finsterniß verschwinden und erst im Verlaufe derselben wieder sichtbar werden, erklärt sich daraus, daß neben dem noch hell erleuchteten Theile des Mondes das schwache rothe Licht unsichtbar bleibt und erst dann bemerkbar wird, wenn schon ein großer Theil des Mondes verdunkelt

ist; und aus demselben Grunde verschwinden die im rothen Lichte liegenden Flecken auch wieder gegen das Ende der Finsterniß, um erst im Vollmonde wieder zu erscheinen.

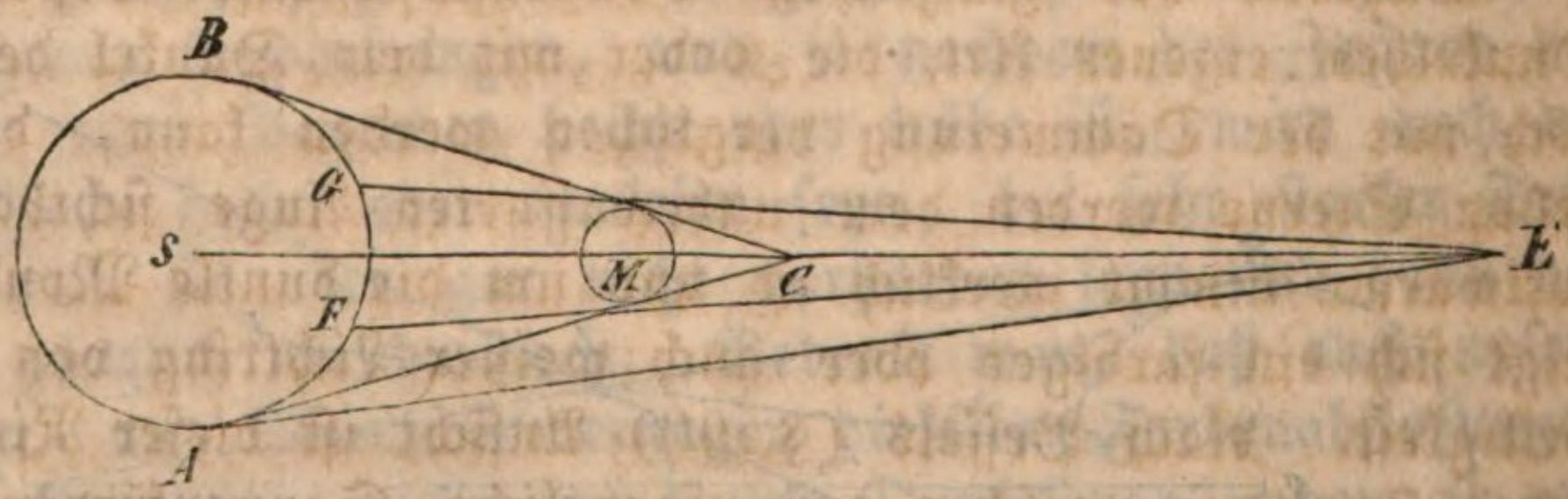
96. Eine Sonnenfinsterniß entsteht, wenn der Mond zwischen Erde und Sonne tritt, und ist, wie ich früher (§. 33) bemerkt habe, eigentlich eine Erdfinsterniß, indem der Mond das Sonnenlicht verhindert zur Erde zu gelangen. Die Erde tritt alsdann in den Schatten, welchen der Mond hinter sich wirft. Dieser Schatten ist aber, bei der größten Entfernung des Mondes von der Sonne über 51000 Meilen lang, so daß er die Erde erreichen kann, während er bei der kleinsten Entfernung von der Sonne — und der größten von der Erde — nur ungefähr 49000 Meilen beträgt, mithin die Erde nicht mehr erreichen kann; und dasselbe findet schon bei seiner mittleren Entfernung statt, da alsdann die Länge des Schattens nur etwa 50200 Meilen beträgt (§. 33). Aber selbst in dem Falle, wenn die Erde in den Mondesschatten eintritt, ist dieser, an der Stelle wo es geschieht, so schmal, daß er nie die ganze Erde sondern nur einen kleinen Theil derselben bedecken kann. Für diesen Theil entsteht alsdann eine totale (gänzliche) Sonnenfinsterniß, während man auf der übrigen Erde die Sonne theilweise oder ganz sieht. Eine Sonnenfinsterniß wird daher nie an allen Orten der Erde zugleich gesehen, eine Mondfinsterniß dagegen überall, wo der Mond, während er vom Schatten der Erde bedeckt wird, sich über dem Gesichtskreise befindet.

Bedeutet der Kreis S die Sonne, der Kreis M den Mond,





so wird der von den Linien bC und aC eingeschloffene Raum gar kein Licht erhalten, oder ganz im Schatten liegen. Ein anderer, diesen umschließenden Raum liegt aber im Halbschatten; es wird nämlich jeder in demselben befindliche Punkt nur einen Theil der Sonnenscheibe sehen, und auch nur durch diesen Theil erleuchtet werden. Dieser Halbschatten wird durch die zwei auseinander laufenden Linien bd und aD begrenzt. Im Punkte E z. B. sieht man das Stück Be der Sonne, während der übrige Theil vom Monde verdeckt wird, und der verdeckte Theil der Sonnenscheibe wird desto größer je näher der Punkt E dem eigentlichen Schatten liegt. Sobald sich ein Punkt der Erde im Halbschatten befindet, muß hiernach für diesen Punkt eine theilweise (partielle) Sonnenfinsterniß eintreten. Befindet



sich aber ein Punkt der Erde E in der Linie, welche den Mittelpunkt der Sonne und des Mondes verbindet, ohne in dem Schatten selbst zu liegen, so entsteht eine ringförmige (centrale) Sonnenfinsterniß, indem die Sonne nur

noch als ein leuchtender Ring erscheint, während ihre Mitte unsichtbar ist. Alsdann sieht man nämlich noch auf der einen Seite das Stück BG, auf der anderen das eben so große AF, während das dazwischen liegende Stück FG verdeckt ist. Es ist einleuchtend, daß jede gänzliche und ringförmige Sonnenfinsterniß mit einer theilweisen anfangen und endigen muß.

Auch bei den Mondfinsterniſſen macht sich der Halbschatten der Erde bemerkbar, und zwar dadurch, daß der Mond zuerst sich mit einem grauen Schleier zu überziehen scheint, der immer dunkeler wird.

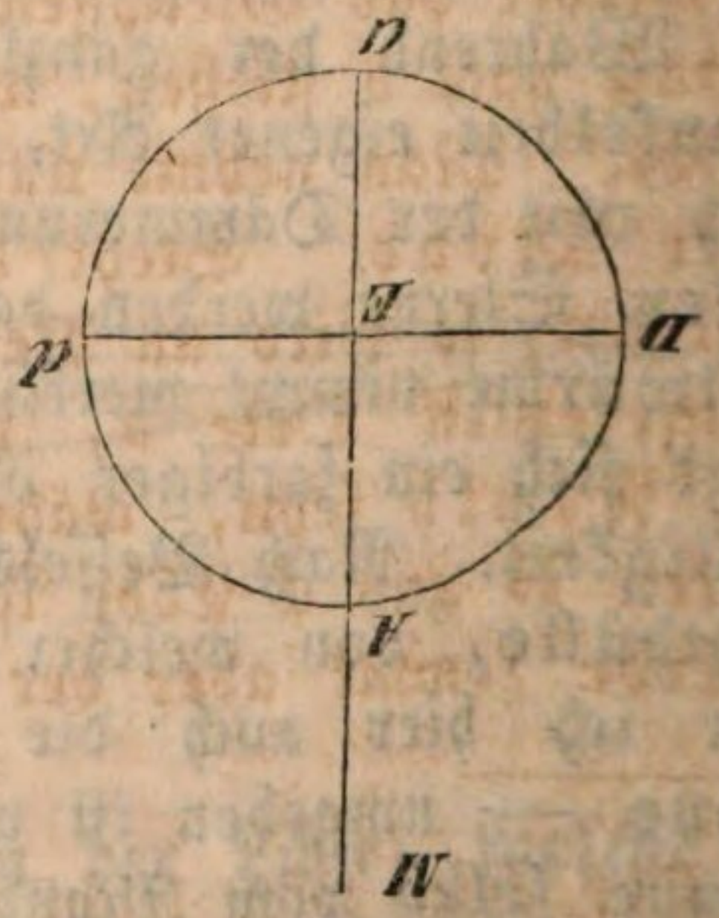
Die theilweisen Sonnenfinsterniſſe, wenn sie nicht so bedeutend sind, daß sie sich den gänzlichen sehr nähern, sind von keinen auffallenden Umständen begleitet. Bei den gänzlichen und ringförmigen Finsterniſſen dagegen zeigen sich allerdings sonderbare Erscheinungen, deren genauere Erforschung ohne Zweifel zu bedeutenden Aufschlüſſen führen muß. Leider sind Finsterniſſe dieser Art selten und dauern immer nur kurze Zeit, da, sowohl durch die Bewegung des Mondes als auch durch die Umdrehung der Erde, schon nach wenigen Minuten ein Punkt, der im Schatten lag, wieder aus demselben heraustritt. Dazu geht in unseren nördlichen Erdstrichen, wo gerade die meisten und besten Beobachter leben, ein großer Theil aller Erscheinungen, wegen des so häufig ungünstigen Zustandes der Luft, gänzlich verloren. Genaue Beschreibungen des Verlaufs solcher Finsterniſſe sind daher noch selten, und das meiste muß vom Fleiße kommender Beobachter erwartet werden.

Während der gänzlichen Sonnenfinsterniſſe entsteht eine Dunkelheit eigener Art, die weder mit dem Dunkel der Nacht noch mit der Dämmerung verglichen werden kann, die sehr hellen Sterne werden dem unbewaffneten Auge sichtbar, die Luftwärme nimmt merklich ab und um die dunkle Mondscheibe zeigt sich ein farbiger oder auch weißer Lichtring von großer Helligkeit. Nach Beſſels (§. 90) Ansicht ist dieser Ring eine Lichthülle, von welcher der eigentliche Sonnenkörper — zu dem ich hier auch die früher erwähnte Lichthülle (§. 76) rechne — umgeben ist und die unbedeckt bleibt, während die Sonne selbst vom Monde verdeckt wird, dagegen uns unsichtbar ist, wenn die Sonne scheint, weil sie im Verhältniß zu dieser nicht stark genug leuchtet.

Während der gänzlichen Sonnenfinsterniß, welche am 7. Juli 1842 statt hatte, zeigte sich mehreren Beobachtern eine sonderbare Erscheinung, deren Grund sich ebenfalls noch nicht angeben läßt. Man bemerkte nämlich an mehreren Stellen des dunkelen Mondrandes gleichsam zackige Gipfel, die in hellem rosenrothen Lichte erschienen, Mondberge sind es auf keinen Fall gewesen.

97. Eine merkwürdige Wechselwirkung des Mondes und der Erde äußert sich in der seit uralten Zeit bekannten Erscheinung der Ebbe und Fluth. Daß diese mit der Stellung des Mondes und der Sonne gegen die Erde zusammenhängt, mußte man sehr früh bemerken, allein erst Newton ist es gelungen, den wahren Grund derselben aufzufinden, indem er nachwies, daß sie eine nothwendige und einfache Folge der allgemeinen Anziehung (§. 63) ist.

Man denke sich zuerst, der feste Kern der Erde — den ich hier der Einfachheit wegen kugelförmig annehme — sei ganz von Wasser umgeben, so wird dieses, wenn es sich ins Gleichgewicht gesetzt hat, ebenfalls die Kugelgestalt angenommen haben, und der Druck, welchen diese Wassermasse auf die Erde ausübt, wird in allen Punkten derselbe seyn, weil sie überall gleichen Abstand vom Mittelpunkte der Erde hat, also auch überall gleich stark angezogen wird (§. 57) Man denke sich aber nun, daß ein außerhalb der Erde befindlicher Körper das Wasser ebenfalls anzieht, so wird nothwendig das Gleichgewicht des Wassers gestört. Bedeutet der Kreis ADad die Erde, deren Mittelpunkt in E ist, M den außerhalb der Erde befindlichen anziehenden Körper, so wird eine Wassermasse im Punkte A, welcher M am nächsten ist, stärker von M angezogen, als eine gleich große, die sich im Punkte D befindet. Die Anziehungskraft jedoch, welche die Erde auf diese beiden Massen ausübt, ist dieselbe; diese Anziehungskraft wird also durch M im Punkte A mehr vermindert, als in D, d. h. das Gleichgewicht des Wassers ist aufgehoben und die Wassermasse in A wird nicht



mehr so stark drücken, als die Wassermasse in D. Eine nothwendige Folge davon ist, daß das schwerere Wasser in D nach A fließen wird, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Aus demselben Grunde wird auch auf der anderen Seite das Wasser von d nach A fließen. Man übersehe hierbei nicht, daß auch in den zwischen A und D einerseits, und A und d andererseits liegenden Punkten der Druck des Wassers desto schwächer wird, je näher jeder dieser Punkte dem Punkte A ist. Auf diese Weise wird sich bei A eine Ansammlung des Wassers, eine Fluth bilden, während bei D und d, von welchen Punkten das Wasser am stärksten weggezogen wird, Ebbe ist.

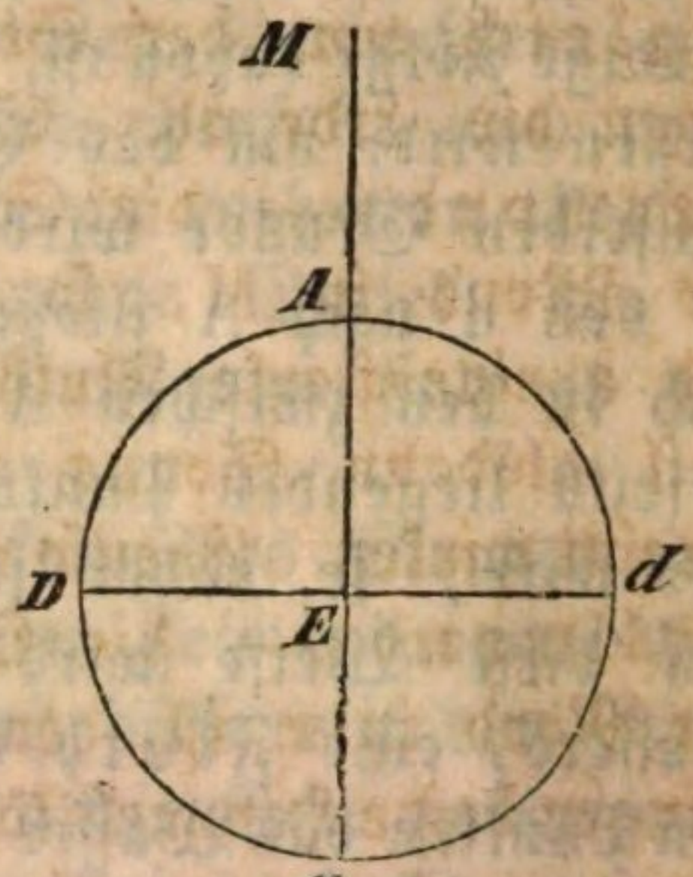
Zu gleicher Zeit wird aber auch in dem Punkte a, welcher dem Punkte A entgegengesetzt ist, eine Fluth entstehen. Würde nämlich der Mittelpunkt der Erde nicht stärker von M angezogen als das Wasser in a, so würde ihr gegenseitiges Verhältniß dasselbe bleiben, d. h. die Anziehungskraft, welche die Erde auf diese Wassermasse ausübt, würde dieselbe bleiben, als wenn der Körper M gar nicht vorhanden wäre. Da aber der Punkt E, welcher M näher liegt, stärker angezogen wird, als der entferntere a, so wird hierdurch die Anziehungskraft der Erde vermindert und mithin auch der Druck welcher das in a befindliche Wasser ausübt. Dagegen zieht der Körper M die Punkte D und d fast mit derselben Kraft an wie E, die in diesen Punkten befindlichen Wassermassen werden daher fast noch eben so stark wie früher von der Erde angezogen, behalten also auch ihr früheres Gewicht. Mithin ist auch hier wieder das Gleichgewicht aufgehoben, das schwerere Wasser muß nach a fließen, wo also eine Fluth entsteht.*

98. Man nehme nun an, dieser anziehende Körper M sei der Mond. Steht dieser über einem Orte A in dessen Meridian, so wird an diesem Orte und zugleich an dem entgegengesetzten Orte a, welcher unter demselben Meridiane liegt, Fluth seyn, während in den dazwischen liegenden Punkten D und d Ebbe ist. Wegen der täglichen Umdrehung der Erde kommt aber der Mond allmählich in alle verschie-

---

* Der Leser wird leicht bemerken, daß diese Betrachtung große Aehnlichkeit mit der im §. 67 angestellten hat, wo die Störung erklärt wurde, welche die Sonne in der Bewegung des Mondes um die Erde hervorbringt.

denen Meridiane; steht er über dem Punkte d, so ist hier und in D Fluth, dagegen in A und a Ebbe; steht er über dem Punkte a, so ist nun hier und in A Fluth, dagegen in D und d Ebbe, steht er über dem Punkte D, so ist wieder hier und in d Fluth, dagegen in A und a Ebbe; kömmt er endlich wieder über A, so wiederholen sich die früheren Erscheinungen.

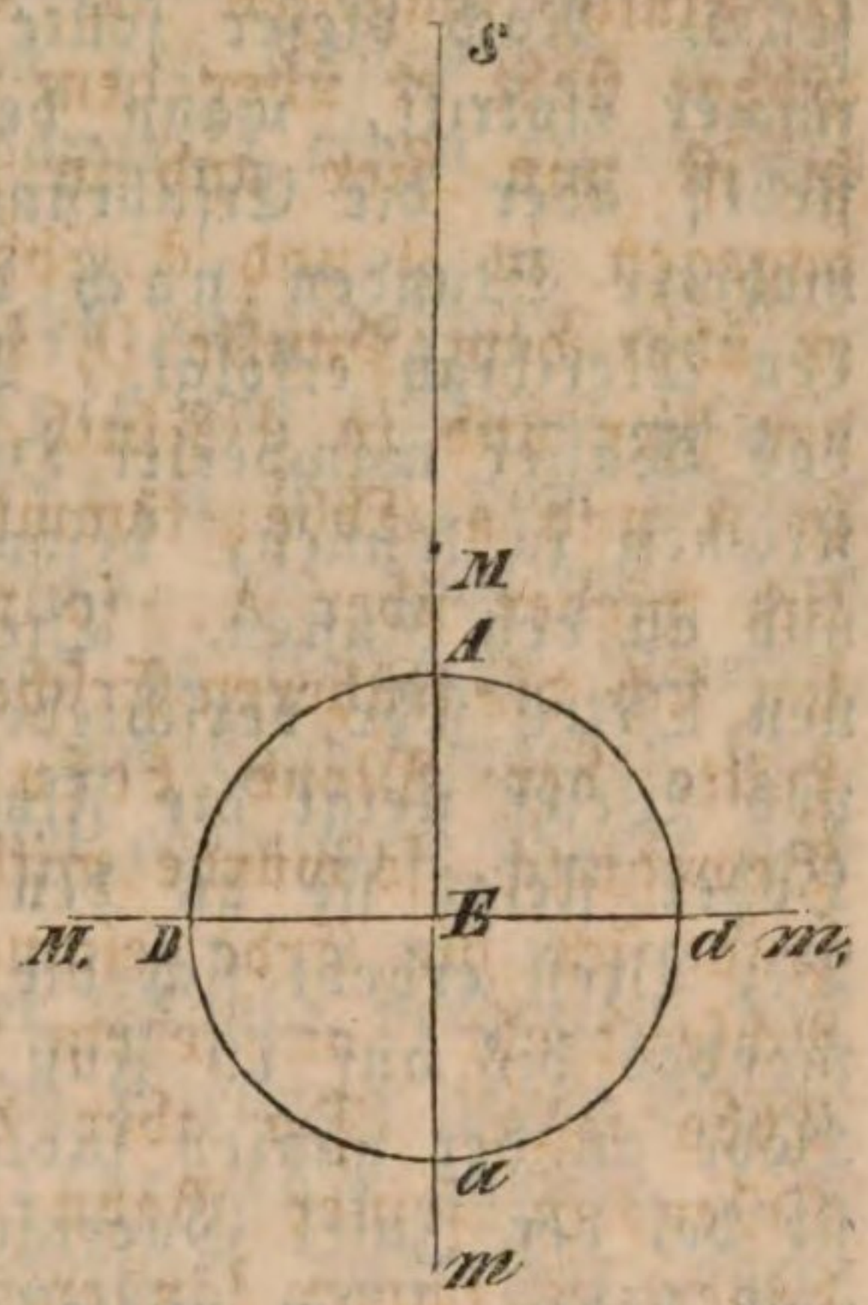


Hätte der Mond keine eigene Bewegung, so würde mithin, während sich die Erde einmal von Westen nach Osten um ihre Achse dreht, an jedem Punkte zweimal Fluth und zweimal Ebbe seyn. Da aber der Mond ebenfalls von Westen nach Osten in seiner Bahn um die Erde fortrückt (§. 33), so dauert es immer länger, bis der Mond wieder über den Punkt A zu stehen kommt. Diese Zeitdauer nennt man einen Mondtag; sie ist nicht immer dieselbe, weil die eigene Bewegung des Mondes bald schneller bald langsamer ist. Bei der mittleren Geschwindigkeit des Mondes beträgt der Mondtag einen Tag 50 Minuten und 28 Sekunden; dieß ist also die Zeit, innerhalb welcher an jedem Orte durchschnittlich zwei Fluthen und zwei Ebben statt finden werden, so daß alsdann zwischen einer Fluth und der nächst folgenden 12 Stunden 25 Minuten 14 Sekunden verfließen.

Es ergibt sich aus dem Vorhergehenden, daß die Fluthwelle der scheinbaren täglichen Bewegung des Mondes von Osten nach Westen folgen muß, nicht aber als ob, wie man es sich häufig vorstellt, eine und dieselbe Wassermasse durch die Anziehung des Mondes um die ganze Erde herum mit fortgeführt wurde, sondern, wie ich es eben auseinander gesetzt habe, indem das Wasser sich immer an demjenigen Orte am meisten erhebt, an welchem der Mond im Meridian steht.

99. Die Planeten haben, im Verhältnisse zu ihrer Entfernung von der Erde, eine zu kleine Masse, als daß sie noch eine merkliche Einwirkung auf das Wasser ausüben könnten; anders ist es aber mit der Sonne. Auch diese bringt eine merkliche, wenn gleich viel schwächere Ebbe und Fluth

als der Mond hervor. Die Höhe der Fluthen hängt daher zugleich von der Stellung des Mondes und der Sonne gegen die Erde ab. Steht — bei Neumond — die Sonne in S, der Mond in M, so wird in A und a eine starke Fluth entstehen, weil alsdann Sonne und Mond vereint wirken. Ebenso wenn — bei Vollmond — die Sonne in S der Mond in m ist, denn auch dann bringen beide Himmelskörper gleichzeitig in A und a eine Fluth zu Wege. Steht dagegen — zur Zeit des ersten oder letzten Viertels — der Mond in m, oder in M, so wirken sich Sonne und Mond entgegen. Während nämlich der Mond in D und d eine Fluth erzeugt, strebt die Sonne dort eine Ebbe hervorzubringen. Nun wird freilich, weil die Einwirkung des Mondes die überwiegende ist, eine Fluth entstehen, aber sie wird viel kleiner, als zur Zeit des Neu- und Vollmondes seyn, wie dieß auch die Erfahrung lehrt.



Auch die verschiedene Entfernung des Mondes von der Erde hat nothwendig einen Einfluß auf die Höhe der Fluth, da diese desto größer werden muß, je näher der Mond der Erde ist. Einen kleineren, jedoch noch erkennbaren Einfluß, hat auch die verschiedene Entfernung der Sonne von der Erde. Im Winter, wo die Sonne uns näher ist, sind die Fluthen zur Zeit des Voll- und Neumondes immer größer, zur Zeit der Viertel immer kleiner als im Sommer wo sie weiter entfernt ist (§. 28, S. 64).

Aber alle diese Umstände sind unbedeutend im Verhältniß zu den Umständen, welche durch die verschiedenen Oertlichkeiten selbst bedingt werden. Wir haben nämlich bisher angenommen, daß die ganze Erde mit Wasser bedeckt ist, in Wahrheit aber ist die Fluthwelle gezwungen, um den festen Theil der Erde herum zu fließen, sie muß sich, wie zwischen Frankreich und England, durch Kanäle hindurchdrängen u. s. w. Diese Umstände bewirken, daß weder die Höhe noch die Zeit

der Fluth sich an verschiedenen Punkten der Erde so zeigt, wie man es nach der vorhergehenden Darstellung erwarten sollte. Nach dieser sollte man nämlich glauben, daß die Fluth immer eintritt, wann der Mond im Meridiane eines Ortes steht; aber die Erfahrung lehrt, daß sie in der Regel erst mehrere Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian erfolgt. Dieß erklärt sich leicht daraus, daß das Wasser mancherlei Hinderniße überwinden muß, um zuströmen zu können, besonders die Reibung am Meeresboden und an den Küsten. Die Höhe der Fluth ist an verschiedenen Orten sehr verschieden. In der Nordsee vor der Elbe und Weser steigt die Fluth 12 Fuß, bei Helgoland 6 Fuß. Höher steigt sie an den französischen und englischen Küsten. Bei Brest erhebt sich die Fluth zur Zeit des Neu- und Vollmondes bis auf 19 Fuß, ungefähr eben so viel beträgt ihre Höhe an der ganzen südlichen Küste Englands, dagegen steigt sie bei der Insel Guernsey auf 32 Fuß, an anderen Punkten noch höher. Im mittelländischen Meere dagegen ist sie sehr gering, bei Neapel beträgt sie kaum einen Fuß.

Die gewöhnliche Fluthhöhe kann aber durch heftige Winde sehr gesteigert werden, alsdann entstehen die Sturmfluthen, welche an unseren deutschen Nordseeküsten oft sehr verheerend wüthen. Am gefährlichsten ist starker Nordwestwind, welcher das Wasser gegen die deutschen Ufer treibt und in die Mündung der Ströme hinein drängt. Um das flache Land jener Gegenden gegen Ueberschwemmung zu schützen, sind Dämme angelegt, welche 15 bis 20 Fuß und mehr über die durchschnittliche Fluthhöhe hinausragen, und dennoch ist es nicht selten, daß die Wellen über diese Dämme hinausschlagen. Steigt die Sturmfluth so hoch, daß sie diese Dämme überströmt, so ist das dahinter liegende Land den größten Verheerungen ausgesetzt; noch weit gefährlicher aber ist es, wenn das Wasser nicht allmählich überströmt, sondern den Damm durchbricht und sich plötzlich über das Land ergießt. Am 2. und 3. Februar 1825 hat eine solche Sturmfluth an allen See- und Flußküsten, von Flandern bis nach Holstein, furchtbar gewüthet.

Man ist noch weit davon entfernt, alle Besonderheiten, welche rücksichtlich der Ebbe und Fluth an verschiedenen Orten vorkommen, hinlänglich erklären zu können, und es wird dazu

noch eine, viele Jahre fortgesetzte, Reihe gleichzeitiger Beobachtungen an vielen Punkten der Erde gemacht werden müssen. Bereits hat man hierzu an den Küsten von Frankreich, Holland, England und Nordamerika einen erfreulichen Anfang gemacht.

Ebbe und Fluth kann nur bei sehr ausgedehnten Wassermassen vorkommen, wo die sehr weit aus einander liegenden Punkte wirklich sehr verschieden stark vom Monde angezogen werden, in Flüssen dagegen, die nicht mit dem Weltmeere in Verbindung stehen und in kleineren Meeren, die ganz oder zum größten Theile mit Land umgeben sind, ist sie nicht bemerkbar; so ist es beim caspischen Meere und der Ostsee.

100. Ziemlich allgemein ist der Glaube verbreitet, daß der Mond je nach seiner verschiedenen Stellung gegen Sonne und Erde einen Einfluß auf die Witterung ausübe. In älteren Zeiten haben manche Naturforscher nach sehr oberflächlichen Wahrnehmungen einen bedeutenden Einfluß dieser Art als sicher angenommen, während andere, weil sie keinen Grund dafür auffinden konnten, das Vorhandenseyn eines solchen Einflusses gänzlich abläugneten und als Aberglauben verlachten. Indessen haben, namentlich in neuester Zeit, einige gewissenhafte Naturforscher es sich angelegen seyn lassen, diese für die Witterungskunde wie für die Sternkunde nicht unwichtige Frage, ohne vorgefaßte Meinung, nach den vorliegenden Beobachtungen zu untersuchen. Es hat sich dabei herausgestellt, daß ein solcher Einfluß allerdings vorhanden ist, jedoch ist er, im Verhältniß zu der Einwirkung, welche die Sonne und andere, mehr oder weniger bekannte Ursachen auf den Zustand der Witterung ausüben, nur gering und untergeordnet. Bis jetzt besitzt man aber noch keine hinlänglich zahlreichen und mit der erforderlichen Genauigkeit angestellten Beobachtungen, um bereits die bestimmten Gesetze dieses Einflusses angeben zu können. Nur so viel läßt sich als sicher aussprechen, daß sowohl das Barometer als das Thermometer zu gewissen Zeiten des Monats höher steht als zu anderen, und daß auch die Heiterkeit der Luft, so wie die Zahl der Regentage von der Stellung des Mondes in seiner Bahn um die Erde abhängt.

Sehr verbreitet ist auch der Glaube, daß die verschiede-

nen Stellungen des Mondes einen großen Einfluß auf das Wachsen und Gedeihen der Pflanzen, auf Thiere und auf den Menschen sowohl im gesunden wie namentlich im krankhaften Zustande ausübten; dieser Glaube ist selbst in die Sprache eingedrungen, indem man gewisse Nervenkranke auch Mondsüchtige nennt. Ein älterer Arzt Sanctorius wollte sogar gefunden haben, der gesunde Mensch nehme jeden Monat hindurch um ein bis zwei Pfund zu, und am Ende des Monats wieder um eben so viel ab. Genaue Untersuchungen neuerer wissenschaftlich gebildeter Beobachter haben durchaus keinen Einfluß dieser Art ergeben. So z. B. hat der als Arzt wie als Astronom ausgezeichnete Olbers, dessen ich noch später erwähnen werde (§. 114), bei seinen langjährigen Beobachtungen von Krankheiten, nie eine Beziehung irgend einer Krankheit oder der Wirkung der angewandten Heilmittel zum Laufe des Mondes bemerkt.

Vierzehntes Hauptstück.

101. Auf die Erde folgt der Planet Mars.

Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt über $31^1/_3$ Millionen Meilen, die kleinste nur etwa $28^1/_2$ Millionen, die größte dagegen fast $34^1/_2$. Seine Bahn ist mithin sehr excentrisch, und dieser Umstand hat Keppler auf die Entdeckung der elliptischen Bewegung geführt (§. 47). Ist er der Erde am nächsten, so beträgt daher seine Entfernung nur acht Millionen Meilen, ist er dagegen am weitesten von ihr entfernt, 55 Millionen Meilen, weswegen wir ihn in sehr verschiedener Größe erblicken. Sein wahrer Durchmesser beträgt 890 Meilen, also nicht viel mehr als die Hälfte des Durchmessers der Erde. Die Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahn ist nicht ganz 2 Grad groß, und seine Umlaufszeit 686 Tage 23 Stunden 30 Minuten 41 Sekunden.

Da seine Bahn die Erdbahn einschließt, so sehen wir ihn nicht, wie Venus und Merkur, nur in der Nähe der Sonne in den Morgen- und Abendstunden, er kann vielmehr in jeder Entfernung von der Sonne und zu allen Nachtstunden ge-

sehen werden. Umgekehrt muß man aber vom Mars aus die Erde immer in der Nähe der Sonne sehen, und hieraus folgt, daß er uns immer einen beträchtlichen Theil seiner von der Sonne erleuchteten Halbkugel zukehren muß. Eine regelmäßige Folge verschiedener Lichtgestalten, wie sie der Mond, Merkur und Venus zeigen, kann daher bei Mars nicht statt finden, er erscheint immer weit mehr als halb erleuchtet, und im äußersten Falle ist sein unerleuchteter Theil nicht breiter als beim Monde vier Tage vor oder nach Vollmond, weswegen er dem unbewaffneten Auge immer als volle Scheibe erscheint.

Ich will sogleich hier bemerken, daß man bei den noch weiter entfernten Planeten, welchen also die Erde noch näher bei der Sonne erscheinen muß, gar nichts mehr von einem Lichtwechsel bemerkt.

Von den übrigen Planeten unterscheidet sich Mars schon durch seine auffallende rothe Farbe. Im Fernrohre bemerkt man jedoch, daß diese Farbe sich nicht über seine ganze Fläche zieht, sondern mit dunklen grünlichen Stellen abwechselt, so daß der Gedanke nahe liegt, in den rothen Stellen den festen, etwa aus einer rothen Erde bestehenden, Boden, in den grünlichen dagegen ausgedehnte Wassermassen zu sehen.

Man bemerkt auch mancherlei Flecken auf dem Mars, und W. Herschel hat aus deren Bewegung geschlossen, daß sich Mars fast in derselben Zeit wie die Erde, nämlich in 24 Stunden 39 Minuten von Westen nach Osten um eine Achse dreht, und daß sein Aequator eine Neigung von 28 Grad 42 Minuten gegen seine Bahn hat, also eine größere als sie bei der Erde statt hat (§. 19). Unter diesen Flecken sind besonders zwei, einer am Südpol und einer am Nordpol des Planeten, merkwürdig. Maraldi, der erste Beobachter, welcher sie bemerkte (1716), hielt sie für ausgedehnte Schneemassen, und in der That wird es auch durch alle späteren Beobachtungen höchst wahrscheinlich, daß diese Vermuthung insofern richtig ist, daß wir hier einen durch Kälte erzeugten Niederschlag sehen, welcher dem ewigen Schnee unserer Polargegenden ähnlich ist, wenn auch vielleicht nicht genau von derselben Beschaffenheit. Da wir nämlich die Bahn des Mars und die Lage seiner Umdrehungsachse kennen, so können wir seine verschiedenen Jahreszeiten auf ähnliche Weise bestimmen, wie wir es früher für die Erde gethan haben. Man bemerkt

aber, daß diese Flecken wachsen und abnehmen, je nachdem sich der Pol, an welchem sie sich befinden, seinem Winter oder seinem Sommer nähert, sie sind am kleinsten zur Zeit, die unserem Juli, am ausgedehntesten zur Zeit die unserem Januar entspricht.

Ist es hiernach kaum zu bezweifeln, daß diese Flecken wirklich etwas Schneeähnliches sind, so folgt daraus von selbst, daß er auch eine Lufthülle haben muß, in welcher sich die Dünste erheben, und aus welcher sie wieder als Regen oder Schnee herabfallen. Die übrigen Flecken scheinen ebenfalls nichts Wolkenartiges, sondern feste Theile des Planeten zu seyn.

Ob Mars auch Berge hat, werden wir schwerlich je entscheiden können; denn wenn wir sie, wie bei dem Monde, durch ihren Schatten erkennen sollten, so müßten sie mindestens 15 bis 20 Meilen hoch seyn, da Mars in seiner größten Erdnähe doch noch mehr als 150 mal so weit von uns entfernt ist als der Mond.

102. Indem ich vorläufig die vier kleinen Planeten, welche sich zwischen Mars und Jupiter befinden (§. 114), absichtlich übergehe, wende ich mich zur Betrachtung des letzteren, des größten Körpers in unserem Planetensysteme.

Jupiter, nach Venus der schönste Planet, beschreibt seine Bahn um die Sonne in 4332 Tagen 14 Stunden 2 Minuten (11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Minuten). Seine größte Entfernung von der Sonne beträgt über 112 Millionen Meilen, die mittlere über 117 Millionen, die kleinste über 102 Millionen. Der Erde kann er sich bis auf etwa 82 Millionen Meilen nähern und bis etwa 133 Millionen von ihr entfernen. Die Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahn beträgt ungefähr 1 Grad 18 Minuten. Auf der Oberfläche des Jupiter, welche im Allgemeinen hellgelb erscheint, bemerkt man schon mit Hülfe eines mäßig vergrößernden Fernrohrs mancherlei Streifen und Flecken, aus deren Bewegung zuerst J. D. Cassini geschlossen hat, daß sich Jupiter in 9 Stunden 56 Minuten von Westen nach Osten um seine Achse dreht. Diese Achse steht nahe senkrecht auf seiner Bahn, so daß mithin sein Aequator fast mit seiner Bahn zusammenfällt; und zwar beträgt, nach genauerer Bestimmung, diese Neigung nur 3 Grad 6 Minuten, ist daher mehr als siebenmal kleiner

als die Neigung unseres Aequators gegen die Erdbahn ist. Vergleicht man was früher über den muthmaßlichen Grund der Abplattung der Erde gesagt worden ist (§. 84), so sieht man, daß Jupiter, wenn er ebenfalls zuerst eine flüssige Kugel war, bei der viel schnelleren Umdrehung, auch nothwendig viel stärker an den Polen abgeplattet werden mußte. Die Erfahrung bestätigt diese Vermuthung auf überraschende Weise, und gibt damit einen starken Beweis für die Richtigkeit unserer Ansicht über den Grund der Abplattung der Erde. Schon mit einem etwa 30 Mal vergrößernden Fernrohre sieht man, daß die Scheibe des Jupiter nicht kreisrund, sondern von einem Pole zum anderen einen auffallend kleineren Durchmesser hat, als in der darauf senkrechten Richtung. Die genaueren Messungen verschiedener Beobachter weichen ein wenig von einander ab, doch ist die Abplattung jedenfalls nicht viel von $^1/_{18}$ verschieden. Nehmen wir, in runden Zahlen, den Aequatorialdurchmesser zu 20000 Meilen an, so beträgt hiernach der Polardurchmesser 18890 Meilen, ist also 11 mal so groß als der Durchmesser der Erde.

Als wir früher den Zusammenhang zwischen der Stellung der Erdachse gegen die Erdbahn und der Länge der Tage und Nächte untersuchten, ergab sich, daß auf der ganzen Erde das ganze Jahr hindurch kein Unterschied der Tage und Nächte statt finden würde, wenn die Erdachse senkrecht auf der Erdbahn stände (§. 27, S. 58). Da nun die Jupitersachse wirklich fast senkrecht auf seiner Bahn steht, so muß auch auf diesem Planeten die Länge der Tage und Nächte fast immer dieselbe bleiben, d. h. es muß durchschnittlich 4 Stunden 58 Minuten Tag und ebenso lange Nacht seyn. Aus diesem Grunde kann dort auch kein wesentlicher Unterschied in den Jahreszeiten statt finden, so weit dieser von der Einwirkung der Sonne abhängt; höchstens erst ganz in der Nähe der Pole, da erst in der Entfernung von 3 Grad 6 Minuten von den Polen die kalten Zonen (S. 61) anfangen, in welchen während einer ganzen Umdrehung des Jupiter — d. h. während eines Jupitertages — und länger, die Sonne nicht auf und nicht unter geht. Am Aequator sieht man des Mittags die Sonne immer im Scheitelpunkte oder nahe dabei, während man sie an den Polen fast sechs Erdjahre hindurch gar nicht und während der folgenden sechs nur höchstens 3 Grad hoch erblickt.

Zu beiden Seiten des Aequators des Jupiter bemerkt man mehrere dunkele Streifen, welche sich über die ganze Scheibe hinziehen, auch laufen einzelne Zweige von ihnen aus, mitunter theilen sie sich, ändern auch wohl ein wenig ihre Lage, wiewohl sie im Allgemeinen die Richtung des Aequators beibehalten, und zeigen überhaupt so viel Veränderungen, daß man sie nicht für feste Theile der Jupiteroberfläche halten kann. Wahrscheinlich sind diese Streifen, so wie die früher erwähnten Flecken etwas unseren Wolken und Regen Aehnliches, die sich dort, da das Jupiterjahr, d. h. die Zeit seines Umlaufes um die Sonne, sehr groß ist, und fast gar kein Wechsel der Jahreszeiten statt findet, begreiflich viel länger erhalten müssen, als die Erscheinungen in unserer Lufthülle bei viel veränderlicheren Zuständen.

Daß Jupiter eine sehr dichte Lufthülle hat, erkennt man daran, daß die Streifen und Flecken nur in der Mitte der Scheibe recht deutlich zu sehen sind, aber nicht weit davon schon sehr matt werden, offenbar nun, weil das Licht dann durch den langen Weg, welchen es durch die Lufthülle zu machen hat, zu sehr geschwächt wird. Es kann seyn, daß wir überhaupt nur die Lufthülle und gar nicht den festen Kern des Jupiter sehen.

103. Dieser Planet wird, auf seinem Laufe um die Sonne, beständig von vier kleinen Weltkörpern begleitet, welche sich um ihn als Hauptkörper bewegen und zwar von Westen nach Osten, wie der Mond um die Erde. Man nennt sie deßwegen auch die Jupitermonde, häufiger die Jupitertrabanten. Wiewohl man in unserer Zeit Beispiele hat, daß besonders scharfsichtige Menschen sie mit unbewaffnetem Auge gesehen haben, so verdankt man ihre Entdeckung dennoch der Hülfe des Fernrohrs, und zwar sind sie die ersten Körper, um welche unsere Kenntniß der Mitglieder des Sonnensystems durch diese künstlichen Werkzeuge bereichert worden ist. Sie sind alle vier zu gleicher Zeit entdeckt worden, und da man später keine weiter gefunden hat, so gibt es wahrscheinlich auch keine anderen Monde des Jupiter.

So viel wir wissen, hat sie zuerst Galilei im Januar 1610 gesehen. Ihre Entdeckung war um so wichtiger, weil sie nicht wenig zum Sturz des ptolemäischen Weltsystems und zum Siege des kopernikanischen beitrug. Denn hier zeigt die Na-

tur auf eine unumstößliche Weise, daß es Weltkörper gibt, die sich nicht um die Erde bewegen. Mancherlei Namen mit welchen Galilei und Andere sie bezeichneten, sind der Vergessenheit übergeben, sie werden jetzt nur gezählt, und zwar so, daß derjenige, welcher Jupiter am nächsten steht, der erste Trabant heißt, der folgende der zweite und so fort.

Der Jupiter und seine Trabanten bilden gewissermaßen ein verkleinertes Bild des Planetensystems. Was hier die Sonne, ist dort der Jupiter, was hier die Planeten, sind dort die Monde, welche sich bei ihrer Bewegung um Jupiter genau nach denselben Gesetzen richten, die Keppler bei der Bewegung der Planeten um die Sonne gefunden hat. Ihre Bahnen sind nämlich Ellipsen, in deren einem Brennpunkte Jupiter steht; doch nähern sich diese Ellipsen so sehr der Kreisform, daß nur bei den zwei äußersten noch eine kleine Excentricität wahrnehmbar ist. Sie beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächen, und die Quadrate ihrer Umlaufszeiten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer großen Achsen (§§. 47, 48, 49, 59, 60, 61, 75).

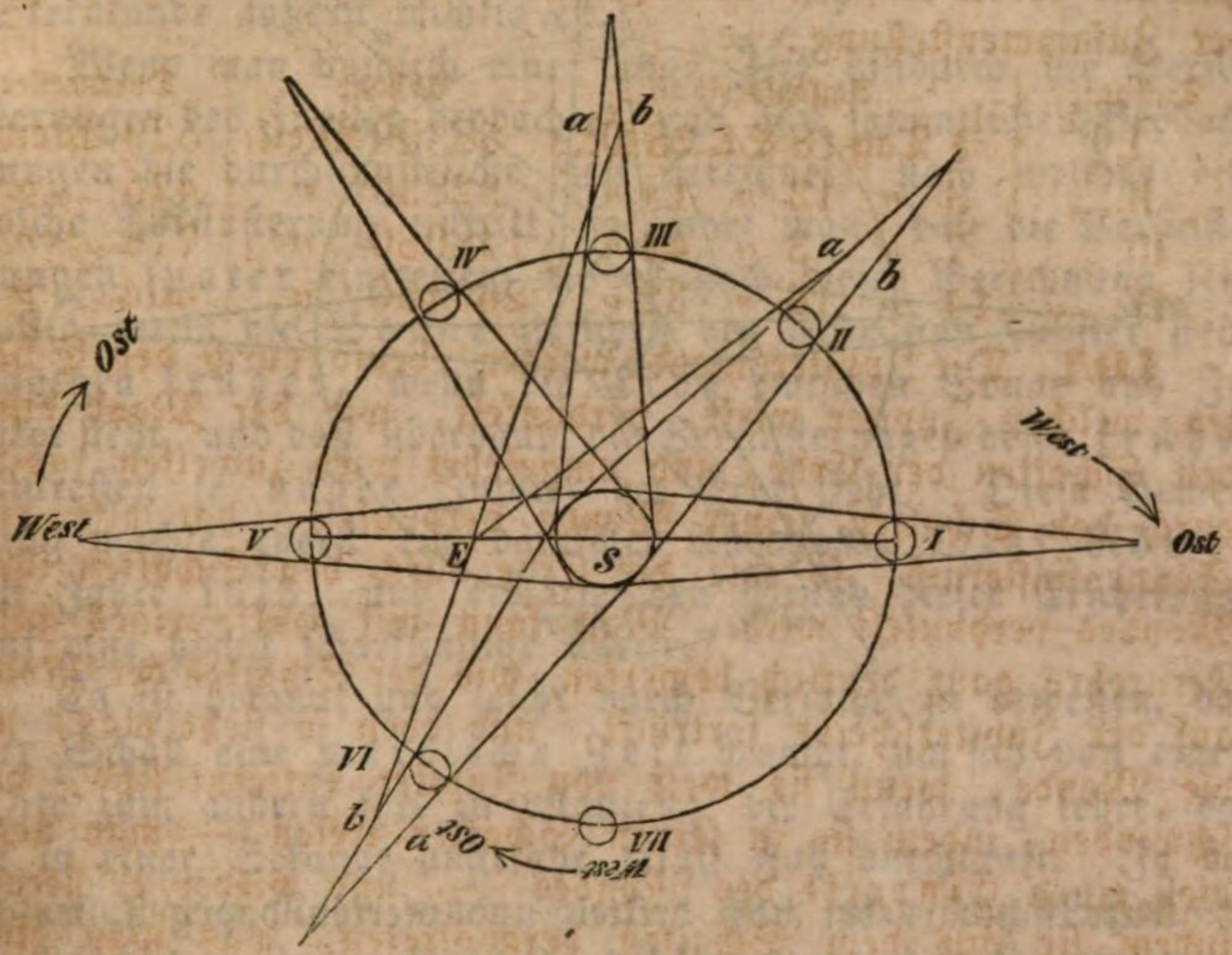
So wie aber aus der wechselseitigen Anziehung der Planeten mancherlei Störungen ihrer Bewegung entspringen, ebenso stören sich die Jupitertrabanten, indem sie sich wechselseitig anziehen, nur mit dem Unterschiede, daß sich hier die Erscheinungen viel rascher entfalten als dort (§. 67). Was bei den verhältnißmäßig viel größeren Abständen und viel langsameren Bewegungen der Planeten erst nach vielen Jahrtausenden hervortritt, das zeigt sich bei der Bewegung der Jupiterstrabanten schon nach Jahrzehnten. Während daher die Voraussagungen der Wissenschaft über die wichtigsten Aenderungen im Planetensysteme noch des thatsächlichen Beweises durch wirkliche Beobachtung entbehren, zeigt sich bei den Jupiterstrabanten schon jetzt die Uebereinstimmung der wissenschaftlichen Untersuchungen mit der Erfahrung auf das Unwiderleglichste. Und so ist das System des Jupiter und seiner Trabanten der unschätzbare Prüfstein geworden, durch welchen die Richtigkeit der Newton'schen Lehre von der Anziehungskraft unumstößlich dargethan wird, und wodurch wir die sichere Gewähr erhalten haben, daß auch die kühnen Schlüsse, durch welche die Rechnung die Bewegung der Planeten auf hunderttausende von Jahren vorwärts und rückwärts verfolgt, durchaus zuverlässig sind.

Die Neigung der Bahnen der Trabanten gegen den Aequator des Jupiter ist sehr gering, daher sieht man sie fast immer in einer geraden Linie, welche in der Richtung des Aequators liegt. Die Größe dieser Trabanten, ihre Umlaufszeit und ihren Abstand vom Jupiter ersieht man aus folgender Zusammenstellung:

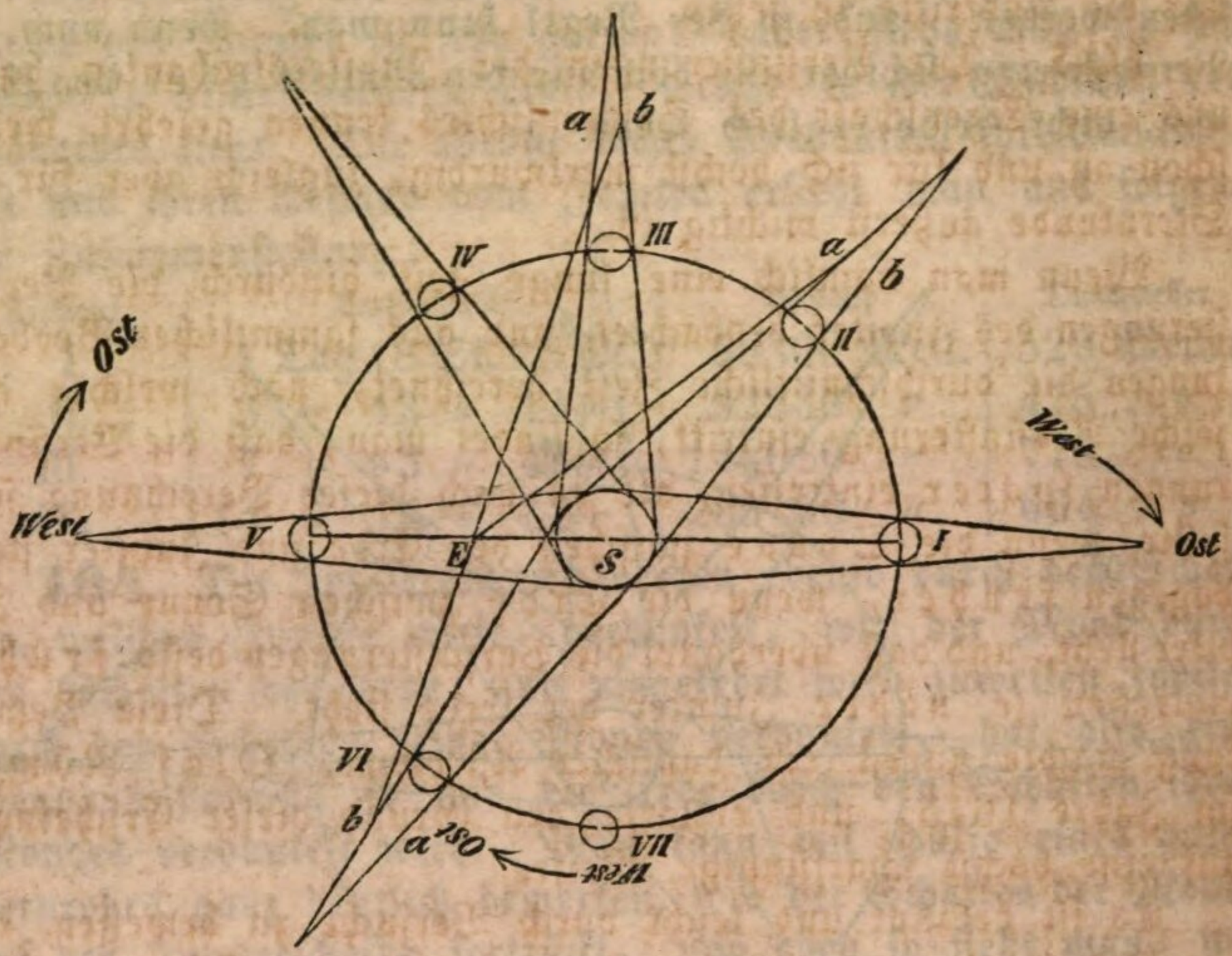
Trabant	Umlaufszeit	Abstand	Durchmesser
I.	1 Tag 18 St. 28 M.	58300 Meil.	529 Meilen
II.	3 " 13 " 14 "	92830 "	475 "
III.	7 " 3 " 43 "	148080 "	776 "
IV.	14 " 16 " 32 "	260450 "	664 "

104. Die Jupitersmonde werden ebenso durch den Schatten, welchen Jupiter wirft, verdunkelt, wie der Mond durch den Schatten der Erde, und umgekehrt wird zuweilen Jupiter durch den Schatten seiner Monde verdunkelt, hat also eine Sonnenfinsterniß, so wie die Erde durch den Schatten ihres Mondes verdunkelt wird. Man kann mit Hülfe eines guten Fernrohrs ganz deutlich bemerken, wie der Schatten der Monde auf der Jupiterscheibe fortrückt, und eben so sieht man, wie die Monde, wenn sie weit von Jupiter entfernt sind, verschwinden, indem sie in seinen Schatten treten — man nennt dieß einen *Eintritt* des Mondes —, und wieder erscheinen, indem sie aus dem Schatten heraustreten, was man einen *Austritt* des Mondes nennt. Hieraus ergibt sich, daß Jupiter und seine Trabanten dunkele, von der Sonne erleuchtete Körper sind. Verfinsterungen der Jupitermonde sind aber viel häufiger als Verfinsterungen unseres Mondes; denn der Schatten des Jupiter ist viel länger und breiter als der Erdschatten, da Jupiter nicht bloß viel größer als die Erde, sondern auch viel entfernter von der Sonne ist. Außerdem sind die Jupiterstrabanten im Verhältnisse zum Jupiter viel kleiner, als unser Mond im Verhältniß zur Erde, ihre Bahnen sind verhältnißmäßig viel enger und viel weniger gegen die Bahn des Jupiter geneigt. Daher werden sie auch fast bei jedem Umlaufe gänzlich verfinstert; nur der vierte, dessen Bahn die größte Neigung gegen die Jupiterbahn hat, kann zuweilen unverfinstert vorübergehen. Und so sieht man auf Jupiter während eines *seiner* Jahre, d. h. während seines einmaligen Umlaufs um die Sonne, mehr als 4000 Mondfinsterniße und fast eben so viel Sonnenfinsterniße. Indessen können nicht alle

Verfinsterungen der Jupiterstrabanten von der Erde aus gesehen werden, und in der Regel kann man, wenn auch die Verfinsterung sichtbar ist, doch nur den Eintritt oder den Austritt, nicht beide zugleich sehen.



Ist die wechselseitige Lage von Erde, Sonne und Jupiter so beschaffen, daß die Erde in E, die Sonne in S, der Jupiter in I steht, so geht Jupiter mit der Sonne auf und unter, er ist also unsichtbar, und man kann mithin auch keine Verfinsterungen seiner Trabanten beobachten. Steht Jupiter in II, so kommt er nun in den letzten Nachtstunden zum Vorschein. Der Trabant, welcher sich von Westen nach Osten um den Jupiter bewegt, tritt in a in den Schatten ein und dieß kann von der Erde aus gesehen werden, sein Austritt in b dagegen ist unsichtbar, weil dieser Theil des Schattens durch den Jupiter selbst bedeckt wird. Steht der Jupiter in III, so geht er um Mitternacht auf, sein Schatten ragt nun, von der Erde aus gesehen, am weitesten nach Westen hervor, bei dem ersten und zweiten Trabanten sind noch immer nur die



Eintritte sichtbar, bei dem dritten und vierten dagegen, welche weiter von Jupiter entfernt sind, sieht man nun auch die Austritte, indem man jetzt auch den nach Osten liegenden Punkt b sehen kann. Jetzt rückt der Schatten wieder allmählich hinter den Jupiter, steht dieser in V, so daß er nun aufgeht, wenn die Sonne untergeht, so liegt der Schatten ganz hinter ihm und wird durch ihn selbst verdeckt. Dann sieht man die Trabanten nicht mehr in den Schatten treten, sie treten vielmehr hinter den Jupiter selbst und trennen sich an der entgegengesetzten Seite wieder von ihm. Rückt nun der Planet in die Lage VI, so sieht man nun von der Erde aus den Schatten östlich hervorragen, man sieht nicht mehr den Eintritt in a, wohl aber den Austritt in b. Am weitesten ragt der Schatten östlich hervor, wenn Jupiter in VII steht, so daß er um Mittag aufgeht, d. h. um 6 Uhr Abends seinen höchsten Stand am Himmel erreicht; beim dritten und vierten Trabanten sind dann auch die Eintritte wieder sichtbar; je näher nun Jupiter der ursprünglichen Lage I kömmt, desto

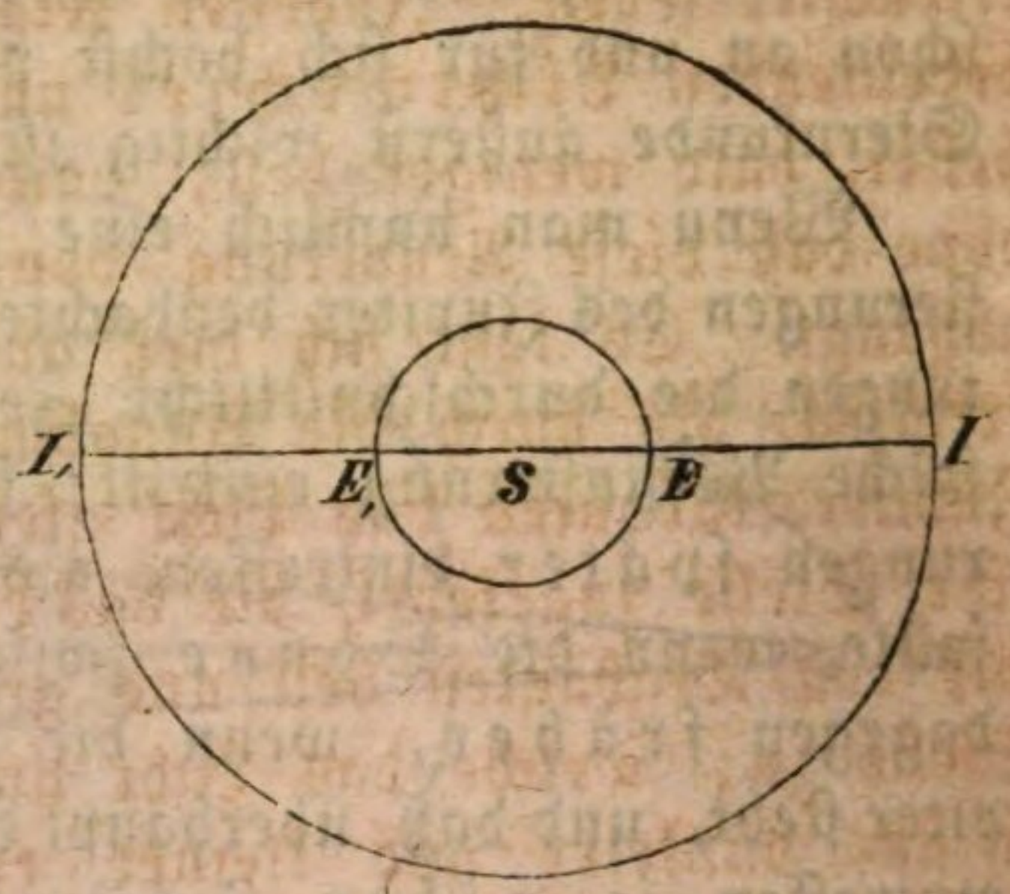
weiter rückt wieder der Schatten hinter ihn, es sind also auch nur die Austritte zu sehen.

105. Die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten haben uns eine Eigenschaft des Sonnenlichtes kennen gelehrt, welche schon an und für sich höchst merkwürdig, zugleich aber für die Sternkunde äußerst wichtig ist.

Wenn man nämlich eine lange Zeit hindurch die Verfinsterungen des Jupiter beobachtet, und aus sämmtlichen Beobachtungen die durchschnittliche Zeit berechnet, nach welcher eine solche Verfinsterung eintritt, so findet man, daß die Verfinsterungen *später* eintreffen, als es nach dieser Berechnung seyn sollte, wenn die *Sonne* zwischen der Erde und Jupiter steht, dagegen *früher*, wenn die *Erde* zwischen Sonne und Jupiter steht, und daß überhaupt die Verfinsterungen desto *früher* eintreffen je *näher* Jupiter der Erde steht. Diese Bemerkung machte zuerst ein dänischer Astronom, *Olaf Römer*, im Jahre 1675, und erklärte den Grund dieser Erscheinung auf eine höchst scharfsinnige Weise.

Es ist bekannt und leicht durch Versuche zu beweisen, daß der Schall eine *merkliche Zeit* braucht, um sich von einem Orte zum andern fort zu pflanzen; die Erfahrung lehrt, daß er in einer Sekunde ungefähr 1040 Fuß durchläuft. In der unmittelbaren Nähe einer Glocke, hört man den Schall *in demselben* Zeitpunkte, in welchem man den Hammer anschlagen sieht. Steht man aber z. B. 5200 Fuß davon entfernt, und zwar so, daß man — etwa mit Hülfe eines Fernrohrs — das Anschlagen des Hammers noch sehen kann, so wird man den Schall *nicht* mehr in demselben Zeitpunkte hören, in welchem man den Hammer anschlagen sieht, sondern erst fünf Sekunden später, und in demselben Verhältnisse immer später, je weiter man von der Glocke entfernt ist. Anders aber ist es beim Lichte. Läßt man irgendwo bei Nacht eine Rakete in die Höhe steigen, so wird man dieses Feuerzeichen allenthalben, wo es überhaupt gesehen werden kann, *in demselben* Zeitpunkte bemerken, in welchem es entsteht, wie weit man auch davon entfernt sei. Hieraus darf man aber noch keinesweges schließen, daß das Licht *wirklich keine Zeit braucht*, um sich von einem Punkte zum anderen fortzupflanzen, sondern nur, daß die Zeit seiner Fortpflanzung zu klein ist, um wahrgenommen, oder durch unsere Uhren ange-

deutet zu werden, daß es, mit anderen Worten, keine meßbare Zeit braucht, um sich durch den größten Abstand, welchen wir auf der Erde wählen können, fort zu bewegen. Bezeichnet JJ, den Durchmesser der Jupitersbahn, EE, den Durchmesser der Erdbahn — indem ich hier der Einfachheit wegen annehme, daß die großen Achsen beider Bahnen in einer geraden Linie liegen —, so sieht man, daß Jupiter, wenn er in J steht, der Erde in E um den ganzen Durchmesser der Erdbahn näher steht, als wenn er sich in J, befindet. Braucht das vom Jupitersmonde ausgehende Licht eine merkliche Zeit um zur Erde zu gelangen, so wird man diesen nicht in demselben Augenblicke verfinstert sehen, in welchem er wirklich in den Schatten tritt, weil das Licht, welches im Augenblicke seiner Verfinsterung von ihm ausging, erst später in unser Auge gelangt, so daß wir ihn vermittelst dieses Lichtes noch sehen, wenn er in Wahrheit schon verfinstert ist. Da nun, wenn die Erde in E der Jupiter in J steht, die Verfinsterungen um 16 Minuten und $26^{6}/_{10}$ Sekunden früher eintreffen, als wenn, bei derselben Stellung der Erde, der Jupiter sich in J, befindet, so kann man hieraus schließen, daß das Licht so viel Zeit braucht, um den Durchmesser der Erdbahn, d. h. also ungefähr 41 Millionen Meilen (§. 19) zu durchlaufen. In einer Sekunde durchläuft das Licht also in runden Zahlen 41000 Meilen*; um tausend Meilen zu durchlaufen, braucht es nur den 41ten Theil einer Sekunde, und hieraus erklärt sich von selbst, warum kein Abstand auf der Erde groß genug ist, um die Geschwindigkeit des Sonnenlichtes bemerklich zu machen. Wir werden später (§. 138) sehen, daß sich aus dieser Eigenschaft des Lichtes noch eine andere merkwürdige Erscheinung erklärt, die sich in alle astronomischen Beobachtungen einmischt.



---

* Nimmt man an, daß ein Dampfwagen in einer Stunde 5 Meilen durchläuft, so braucht er um 41000 Meilen zu durchlaufen mehr als 341 Tage.

106. Die Jupiterstrabanten, wie der Jupiter selbst (§. 101), kehren uns fast immer ihre ganze erleuchtete Seite zu, wir müßten sie also auch immer auf dieselbe Weise erleuchtet sehen. Indessen zeigt die Erfahrung, daß sie einem bedeutenden Lichtwechsel unterworfen sind, so daß sie bald heller, bald weniger hell, bald größer bald kleiner erscheinen, ohne daß diese Aenderung von ihrer Entfernung vom Jupiter abhängt. Es läßt sich dieß auf keine andere Weise genügend erklären, als durch die Annahme, daß nicht alle Stellen eines Jupiterstrabanten das Licht gleich stark zurückwerfen. Ist uns eine Stelle zugekehrt, die das Licht stark zurück wirft, so sehen wir den Trabanten hell und groß; kehrt er uns dagegen eine Stelle zu, welche das Licht nur schwach zurückwirft, so muß er uns dunkeler und kleiner erscheinen. In größerer Nähe würden wir dann warscheinlich, wie bei unserem Monde, helle Stellen und dunkle Flecken mit einander abwechseln sehen. W. Herschel, welcher diesen Lichtwechsel lange und mit großer Aufmerksamkeit untersuchte, fand, daß die Trabanten immer an denselben Stellen ihrer Bahn in derselben Lichtstärke erscheinen, und hieraus schloß er weiter, daß sie sich in derselben Zeit um eine Achse drehen, in welcher sie sich um den Jupiter bewegen. So sehen wir hier vierfach das merkwürdige Verhalten wiederholt, welches wir schon bei unserem Monde fanden (§. 89); auch bei diesen vier Monden fällt die Umdrehungszeit mit der Umlaufszeit um den Hauptkörper zusammen. Auf Jupiter erblickt man also immer nur dieselbe Halbkugel der Trabanten, die andere bleibt unsichtbar; und umgekehrt folgt, daß die eine Halbkugel jedes Trabanten nie den Planeten sieht, während die andere ihn immer — kleine Schwankungen abgerechnet — an derselben Stelle des Himmels sieht (vgl. §. 92). Etwas Aehnliches, wie der großartige Anblick, welchen Jupiter seinen Trabanten darbietet, haben wir an unserem Himmel nicht aufzuweisen. Denn aus der bekannten Entfernung der Monde von Jupiter kann man leicht berechnen, daß der Planet dem ersten, zweiten, dritten, vierten Monde, beziehungsweise mit einem etwa $38, 24, 15, 8\frac{1}{2}$ mal so großen Durchmesser erscheint als der Mond.*

---

* Dieß bezieht sich auf den Aequatorealdurchmesser; der Polardurchmesser erscheint um $\frac{1}{17}$ kleiner.

Diesen großen Körper sieht man also, von den Monden aus, unbeweglich an derselben Stelle des Himmels, während die Sonne und die übrigen Gestirne vorüberziehen. Die Sonne erscheint den vier Monden, in der vorigen Ordnung gezählt, unter einem 192, 121, 76, 43 mal kleineren Durchmesser als Jupiter.

---

107. Galileo Galilei, dessen astronomische Entdeckungen mehrfach im Vorhergehenden erwähnt worden sind, unstreitig einer der größten Naturforscher aller Zeiten, wurde zu Pisa den 18. Februar 1564 geboren, an demselben Tage, an welchem Italien einen seiner größten Künstler, Michel Angelo Buonarotti, verlor. Sein Vater, aus einer edlen, aber verarmten Familie, ein sehr gebildeter Mann, namentlich einer der bedeutendsten Musikkenner seiner Zeit, ließ den Knaben, welcher schon früh die mannigfaltigsten und größten Anlagen verrieth, eine so ausgedehnte Erziehung geben, als es nur immer seine sehr beschränkten Mittel erlaubten. Der junge Galilei lernte lateinisch, griechisch, die Anfangsgründe der Philosophie, Zeichnen und Musik, und machte in Allem so auffallende Fortschritte, daß sein Vater, der ihn dem Kaufmannsstande gewidmet hatte, seinen Plan änderte und ihn zum Arzt bestimmte. Zu diesem Ende wurde Galilei in seinem achtzehnten Jahre auf die Universität nach Pisa geschickt, sein Vater war unterdessen nach Florenz gezogen. Damals begann das Studium der Arzneiwissenschaft mit Vorlesungen über Philosophie und Naturlehre; in beiden folgte man blindlings dem großen griechischen Philosophen Aristoteles, dessen Ansehen kaum geringer als das der Bibel war (§. 51). Galilei, der dazu bestimmt war, diese geistige Knechtschaft zu brechen, wagte es schon damals, die Anhänger der herrschenden Philosophie mit Kühnheit zu bekämpfen; ein unerhörtes Wagestück, welches ihn in den Ruf eines streitsüchtigen Querkopfes brachte. In dieser frühen Zeit machte er seine erste und eine seiner schönsten Entdeckungen. Die Schwingungen einer von der Decke herabhängenden Lampe in einer Kirche zu Pisa führte ihn auf die Gesetze der Pendelbewegung, deren Kenntniß wir die Pendeluhren (§. 11) und mehrere der wichtigsten astronomischen Untersuchungen verdanken (§. 86).

Noch war ihm die Mathematik ganz unbekannt, ja er schien merkwürdiger Weise nicht einmal Verlangen darnach zu haben, dieses mächtigste Hülfsmittel der Naturlehre kennen zu lernen, und wurde erst durch einen ganz besonderen Zufall darauf hingeführt.

Er wünschte einen gewissen Ricci zu sprechen, welcher den Pagen des Großherzogs von Toskana mathematischen Unterricht ertheilte. Vergebens war er schon mehrmals da gewesen, jedesmal war Ricci mit seinen Schülern im Hörsaale eingeschlossen. Eines Tages bleibt Galilei an der verschlossenen Thür stehen, er hörte von außen zu, und die geometrischen Sätze, welche Ricci vorträgt, machen einen so mächtigen Eindruck auf ihn, daß er von nun an regelmäßig wieder kömmt, und an der verschlossenen Thür horchend, den Vorträgen folgt. Erst nach einiger Zeit entdeckte er Ricci das Geheimniß, aber er machte so rasche Fortschritte, daß er diesen, dessen Kenntnisse nicht über die Anfangsgründe hinausgingen, bald überholt hatte und sich nun, da er keinen anderen Lehrer fand, ganz auf sich selbst angewiesen sah. Die Arzeneiwissenschaft von nun an ganz verlassend, beschäftigte er sich ausschließlich mit den Werken der griechischen Mathematiker, namentlich mit dem tiefsinnigen Archimedes, dessen Untersuchungen über die schwimmenden Körper ihn ganz besonders anzogen und zu neuen Forschungen anregten.

Ein so großer Geist konnte nicht lange unbekannt bleiben, und so kam es, daß er schon vor seinem 25ten Jahre als Professor der Mathematik in Pisa angestellt wurde, freilich mit einem höchst ärmlichen Gehalte. Hier entdeckte er die früher (§. 52 — 55) erläuterten Gesetze des Falles, aber vergebens erwies er die Richtigkeit seiner Behauptungen durch die entscheidensten Versuche. Die Anhänger der alten Naturlehre verfolgten ihn wie einen Ketzer, und es dauerte nicht lange, so sah er sich gezwungen, sein Lehramt niederzulegen. Von allen Hülfsmitteln entblöst, kam er in Florenz an, gerade in der Zeit, wo sein Vater starb, so daß ihn noch dazu die Sorge um seine zahlreiche Familie drückte.

Aus dieser Verlegenheit zog ihn jedoch bald (1592) ein Ruf an die Universität Padua, wo ihm der Lehrstuhl der Mathematik auf sechs Jahre übertragen wurde. Hier, unter venetianischer Herrschaft, konnte er ungestört forschen und leh-

ren, denn so streng der venetianische Senat gegen politische Neuerungen verfuhr, eben so duldsam war man gegen jede philosophische und religiöse Ansicht. Zweimal wurde er wiederholt auf sechs Jahre in seinem Amte bestätigt, und diese 18 Jahre seines Lebens, die ihm in der ungetrübtesten Ruhe verflossen, sind durch die reichsten Forschungen und Entdeckungen bezeichnet, zu welchem namentlich auch die Erfindung des Thermometers (1597) gehört. Von hier aus verbreitete sich sein Ruf durch ganz Europa, von allen Seiten strömten Schaaren von Zuhörern nach seinem Lehrsaale, unter diesen auch der große Schwedenkönig Gustav Adolph.

Sein Antheil an der Erfindung des Fernrohrs ist schon früher (§. 73) erwähnt worden. Wenige Tage, nachdem er dessen Einrichtung gefunden hatte, legte er schon dem venetianischen Senate mehrere Werkzeuge dieser Art vor und zugleich eine Schrift, in welcher er die wichtigsten Folgen dieser Entdeckung für Schifffahrt und Sternkunde entwickelte. Der Senat begriff sehr wohl die Wichtigkeit des Fernrohrs für eine Seemacht, wie damals Venedig war, und belohnte den Erfinder dadurch, daß er lebenslänglich in seinem Amte bestätigt und sein Gehalt auf das Dreifache erhöht wurde. Galilei wandte nun das Fernrohr gegen den Himmel, und entdeckte die Höhen und Tiefen auf dem Monde (§. 88), den Lichtwechsel der Venus (§. 81), die vier Jupiterstrabanten (§. 103) und mehrere andere astronomische Thatsachen, über die ich später sprechen werde. Die Bedeutung dieser Entdeckungen lernt man erst dann recht würdigen, wenn man weiß, wie tief seine Umgebung unter ihm stand. Einer seiner Zeitgenossen, Clavius, der tüchtigste Astronom unter den Jesuiten, erklärte die Jupitersmonde geradezu für eine Täuschung, für falsche Bilder, welche durch die eigens hierzu geschliffenen Gläser hervorgebracht würden, und Andere gingen so weit, das unschuldige Fernrohr als ein Blendwerk des Teufels zu verschreien!

Der Ruhm, mit welchem sich Galilei bedeckte, sollte zu seinem Verderben ausschlagen. Zu seinem Unglücke ließ er sich bewegen, seine Stelle in Padua aufzugeben und einer Einladung des Großherzogs von Toskana nach Florenz zu folgen (1610). Neben der Vaterlandsliebe mochte ihn auch der Gedanke bestimmen, daß er in seiner neuen Stellung, die ihn von der Verpflichtung befreite, öffentliche Vorlesungen zu

halten, mehr Zeit zur Ausarbeitung seiner Schriften finden würde. Aber er bedachte nicht, daß der Schutz, welchen das mächtige Venedig seinen kühnen Neuerungen gewährte und gewähren konnte, in einem kleinen Fürstenthume, dessen Beherrscher Rücksichten auf Rom zu nehmen hatte, nicht auf die Dauer zu finden war. Wirklich schlossen die Anhänger der alten Philosophie mit der Geistlichkeit bald genug einen Bund gegen ihn; er hatte es gewagt, sich gegen Aristoteles und gegen das Ptolemäische Weltsystem zu erklären, was brauchte es mehr, um auf sein Verderben zu sinnen? Ein Dominikaner predigte öffentlich gegen ihn in Florenz und bewies, daß die Mathematik eine Teufelskunst sei, und daß die Mathematiker, die Urheber aller Ketzereien, von Gottes und Rechtswegen aus allen Staaten vertrieben werden müßten. Zur Ehre des Ordens muß indessen bemerkt werden, daß eines seiner einflußreichsten Mitglieder, Maraffi, in einem Briefe an Galilei, diese Dummheit, wie er sich ausdrückt, bitter beklagt und mit Bedauern bemerkt, daß er zu seinem Unglücke an allen Bestialitäten Theil nehmen müsse, welche 30 bis 40000 Mönche anzurichten im Stande wären.

Unterdessen steigerte sich die Wuth gegen Galilei immer mehr. In Rom, wohin er gegangen war um sich zu vertheidigen, wurde während seiner Anwesenheit (5. März 1616) die Kopernikanische Lehre als eine falsche, thörichte und ketzerische verdammt, und es wurde ihm bei Gefängnißstrafe untersagt, diese Lehre öffentlich oder im Geheimen zu vertheidigen. Auf Galilei machte dieses Verbot gerade den entgegengesetzten Eindruck des beabsichtigten. Nach Florenz zurückgekehrt (1617) widmete er nun erst seine ganze geistige Kraft der Sternkunde. In Briefen und Vorlesungen brachte er immer neue Beweise für die Kopernikanische Lehre vor und suchte auf alle mögliche Weise zu zeigen, daß die Bewegung der Erde nicht mit der Bibel im Widerspruche stehe. Den Jesuiten Grassi, der im Jahre 1619 eine Flugschrift gegen ihn erscheinen ließ, widerlegte er in einer Antwort, die, nachdem man den Druck lange hintertrieben hatte, im Jahre 1623 erschien und noch jetzt für die beste Streitschrift gehalten wird, die je in Italien erschienen ist.

Aber noch weit empfindlicher verletzte er seine Gegner durch die Herausgabe einer anderen Schrift, an welcher er

viele Jahre gearbeitet hatte. In dieser Schrift, welche die Italiener ein Muster des geistreichen und gewählten Styls nennen, führt er drei Personen redend ein, wovon zwei die neuere Naturlehre vertreten, der dritte, unter dem Namen Simplicius, die alten Ansichten vertheidigt. Simplicius wird zwar fortwährend aus dem Felde geschlagen, aber seine erbärmlichen Behauptungen behalten am Ende gegen die schlagendsten Einwürfe recht. Diese Einkleidung mußte Galilei wählen, weil er sonst sicher war, die Erlaubniß zum Drucke nicht zu erhalten. Im Jahre 1630 reiste er selbst nach Rom, um sein Werk dort der Censur zu unterwerfen. Nachdem es von mehreren Geistlichen geprüft worden war, erhielt es der Verfasser nebst den nöthigen Verbesserungen und Censurstrichen zurück. Aber in Florenz, wo es gedruckt werden sollte, mußte er es einer nochmaligen Censur unterwerfen, worüber noch ein volles Jahr verstrich, und so erschien es endlich im Jahre 1632.

Nun brach aber der Sturm erst recht gegen ihn los; man sah bald genug in Rom ein, daß man sich mit der Erlaubniß zum Drucke dieser Schrift übereilt hatte. Vergebens hatte Galilei in der Vorrede den Schein angenommen, als habe er nur beabsichtigt, die Verdammung des Kopernikanischen Systems zu rechtfertigen, die Schrift selbst konnte ihren wahren Zweck unter der losen Hülle der Einkleidung nicht verbergen. Vergebens hatte er auf den Schutz des Pabstes, Urban des achten, gerechnet, der ihn sehr hochschätzte und sogar früher seine astronomischen Entdeckungen in Versen gefeiert hatte; seine Gegner wußten, wie man sagt, den Pabst zu überreden, Galilei hätte gerade ihn unter dem Namen Simplicius lächerlich machen wollen.

Im Jahre 1633 wurde er vor die römische Inquisition beschieden. Trotz der rauhen Jahreszeit und seiner schwachen Gesundheit mußte er im Februar nach Rom reisen, wo er sich vergebens abmühte, seine für alle Vernunftgründe tauben Richter zu überzeugen, daß die Lehre von der Bewegung und Umdrehung der Erde nicht gegen den Bibelglauben verstoße. Der ganze Gang der gegen ihn eingeleiteten Untersuchungen ist absichtlich in ein undurchdringliches Dunkel gehüllt worden, Galilei selbst hat sich, wahrscheinlich aus Furcht, nie darüber ausgesprochen; es sind aber sehr bestimmte Verdachtgründe

vorhanden, daß der 70jährige Greis sogar auf die Folter gespannt wurde. Soviel ist jedoch ausgemacht und bekannt, daß er gezwungen wurde, den 22. Juni auf seinen Knien und vor dem Evangelium feierlich zu erklären, daß er den Irrthum und die Ketzerei der Lehre von der Bewegung der Erde abschwöre, verabscheue und verfluche. Wie man erzählt, soll er unmittelbar darauf mit dem Fuße gestampft und die Worte gemurmelt haben: und dennoch bewegt sie sich! Außerdem wurde er auf unbestimmte Zeit zum Gefängniß verdammt, ein Urtheil, das man jedoch nicht in aller Härte vollzog. Denn nachdem er eine Zeitlang in einem großen Palaste, der dem Großherzog von Toskana gehörte, sich aufhalten mußte, erhielt er die Erlaubniß, in Siena bei dem Erzbischofe Piccolomini, seinem Freunde und Schüler, zu leben, von wo er im Dezember nach einem kleinen Dorfe bei Florenz verwiesen wurde, jedoch mit dem ausdrücklichen Verbote, in die Stadt zu gehen und seine Freunde zu sehen.

In dieser Zeit hatte er den Schmerz, seine älteste Tochter, die in seiner Nähe lebte, zu verlieren; der Kummer über das Schicksal ihres Vaters hatte ihr Herz gebrochen. Einen Tag vor ihrem Tode verließ er sie hoffuungslos, und als er nach Hause kam, fand er einen Abgeordneten der Inquisition, welcher ihm den Befehl einhändigte, nicht mehr um die Erlaubniß, nach Florenz zu ziehen anzuhalten, widrigenfalls er in das eigentliche Inquisitionsgefängniß abgeführt werden sollte. Vergebens bemühten sich seine auswärtigen Gönner eine Milderung dieser harten Behandlung zu erwirken, der Haß der Jesuiten war unversöhnlich.

Im 74ten Jahre wurde er blind, nachdem er noch kurz vorher die Libration des Mondes entdeckt hatte (§. 92); aber auch das vermochte seine Thätigkeit nicht zu lähmen; was er selbst nicht mehr aufzeichnen konnte, sagte er seinen Schülern in die Feder. Vier Jahre lebte er in diesem Zustande, bis er, 78 Jahre alt, den 9. Januar 1642 seine lange, glorreiche und dornenvolle Laufbahn vollendete.

Ich habe hier besonders von seinen Verdiensten um die Naturlehre gesprochen, aber es war dieß nicht die einzige Richtung, in welcher er glänzte. Sein Styl gehört zu dem Reinsten und Anmuthigsten, was Italien in dieser Art besitzt, er war ein ausgezeichneter Musikkenner, und hatte so bedeutende

Kenntnisse im Zeichnen, daß ihn die größten Maler Italiens um Rath fragten. Er war ein leidenschaftlicher Verehrer der Dichtkunst, besonders des großen italienischen Dichters Ariosto, dessen Werke er auswendig wußte, und soll sogar unter den ernstesten Beschäftigungen ein Lustspiel entworfen haben.

Galilei war nie verheirathet, hatte aber drei uneheliche Kinder, zwei Töchter, welche den Schleier nahmen, und einen Sohn Vincenz, welcher sich verheirathete und Kinder hatte, doch starb die Familie bald aus.

Fünfzehntes Hauptstück.

108. Der nun in der Reihe folgende

Saturn

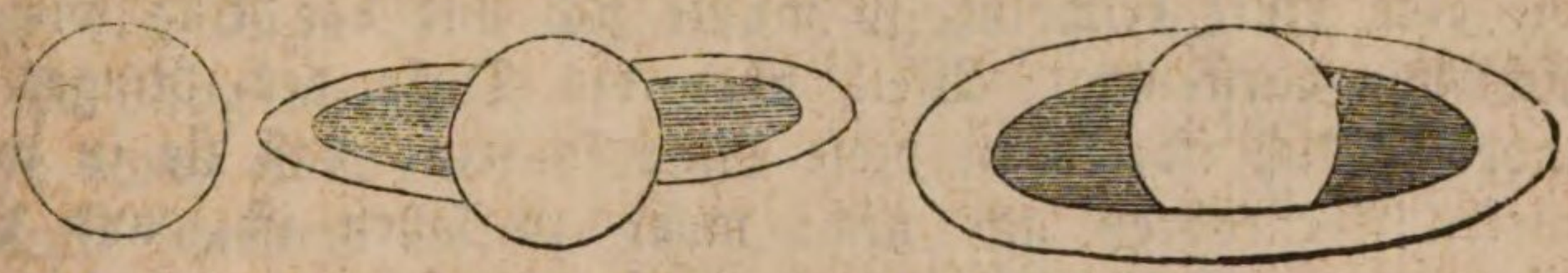
braucht 10759 Tage 5 Stunden 16 Minuten 32 Sekunden (also ungefähr $29\frac{1}{2}$ Jahre) um seine Bahn um die Sonne zu durchlaufen. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 197 Millionen Meilen, die größte 208, die kleinste 186 Millionen. Der Erde kann er demnach bis auf 166 Millionen nahe kommen und sich bis auf 229 Millionen von ihr entfernen. Die Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahn beträgt $2\frac{1}{2}$ Grad. Sein Licht ist mattweiß.

Mit Hülfe des Fernrohrs bemerkt man mitunter auf Saturn große dunkele Flecken, und aus ihrer Bewegung hat W. Herschel geschlossen, daß der Planet sich in 10 Stunden und 16 bis 17 Minuten um eine Achse dreht. Auch bemerkt man helle und dunkle Streifen, die in der Richtung des Aequators der Saturnkugel fortziehen, wie bei Jupiter (§. 102), nur daß sie breiter und weniger scharf begränzt sind. Mancherlei Veränderungen in Lage und Größe dieser Streifen und Flecken deuten höchst wahrscheinlich auf veränderliche Zustände einer Lufthülle des Planeten, deren Vorhandenseyn auch dadurch angedeutet wird, daß die Streifen, ebenfalls wie bei Jupiter, nach den Rändern hin sehr undeutlich werden.

Aus der raschen Umdrehung des Saturn kann man schon nach früheren Bemerkungen (§. 102) vermuthen, daß er an den Polen sehr stark abgeplattet seyn muß, und dieß wird durch die Erfahrung vollkommen bestätigt. Die Abplattung ist noch stärker als bei Jupiter und beträgt fast ein Zehntel,

so daß nämlich der Aequatorialdurchmesser 16300 Meilen, der Polardurchmesser nur 14700 Meilen beträgt. Der Saturn ist also kleiner als Jupiter, und da wir ihn aus einer ungefähr zweimal so großen Entfernung sehen als letzteren, so erscheint er uns viel kleiner. Bemerkenswerth ist, daß W. Herschel den Saturn in Gestalt eines Vierecks, mit stark abgerundeten Seiten, gesehen hat, allein alle späteren genauen Beobachtungen sprechen dagegen, und es ließe sich auch keine wissenschaftliche Erklärung dieser sonderbaren Bildung auffinden. Vielleicht war das, was Herschel sah, die Folge einer ungewöhnlichen Strahlenbrechung in der Lufthülle des Saturn.

Als zuerst Galilei das Fernrohr auf den Saturn richtete, sah er ihn bald als einfache Scheibe, bald noch von zwei Körpern begleitet, die selbst wieder wie zwei kleinere Planeten aussahen. Späteren Beobachtern, die schon bessere Fernrohre hatten, erschienen diese zwei Körper wie henkelförmige Ansätze an beiden Seiten des Saturn, die bald enger bald weiter



waren, wie die vorstehenden Zeichnungen zeigen. Der berühmte Huyghens (§. 11) war der erste, welcher die richtige Erklärung dieser sonderbaren Erscheinung gab (1660). Der Saturn unterscheidet sich nämlich von den früher besprochenen Himmelskörpern ganz wesentlich dadurch, daß er von einem ringförmigen Körper begleitet wird, welcher nirgendwo mit dem Planeten zusammenhängt, sondern ganz frei schwebt. Dieser breite aber dünne Ring umgiebt den Aequator, welchem er seine schmale Kante zukehrt. Die Drehungsachse des Saturn behält aber während seines Umlaufes, ebenso wie die Erdachse, immer dieselbe Richtung im Raume (§. 19), also auch sein Aequator, und zwar ist dieser beständig um ungefähr 28 Grad gegen die Erdbahn geneigt; dieß ist mithin auch die beständige Neigung, welche der Ring gegen die Erdbahn hat. Der Ring aber, so wie der Saturn selbst, sind dunkele Körper, welche von der Sonne erleuchtet werden; denn man sieht ganz deutlich den Schatten, welchen Saturn auf den Ring, so wie der Ring auf den Saturn wirft. Faßt man diese

Umstände zusammen, und erinnert sich an das, was wir früher über die Beleuchtung der Erde in ihren verschiedenen Stellungen gegen die Sonne gesagt haben (§. 19), so wird man leicht einsehen, daß wir den Ring nicht immer auf gleiche Weise erleuchtet sehen. Weil nämlich der Saturnsäquator und der ihn umgebende Ring, wie gesagt, ihre Richtung im Raume behalten, so kommt der Ring zweimal, an zwei entgegengesetzten Punkten der Saturnsbahn — also nach fast 15 Jahren —, in eine solche Lage gegen die Sonne, daß diese in der Ebene des Aequators liegt (S. 42) und mithin nicht die Breite, sondern die Dicke des Ringes bescheint. Vom Saturn aus erscheint nun die Erde immer ganz nahe bei der Sonne, und umgekehrt muß uns also der Saturn und sein Ring fast dieselbe Seite zukehren wie der Sonne (vergleiche §. 101). Wir müßten also, in den zwei erwähnten Lagen, die erleuchtete Dicke des Ringes sehen, und da uns jede Scheibe, auf deren Schneide wir aus großer Ferne sehen, wie eine Linie erscheint, so müßte sich uns der Ring wie eine Lichtlinie darstellen. Weil aber die Dicke des Ringes sehr unbeträchtlich ist, so ist diese Linie so fein, daß sie in mäßig starken Fernrohren gar nicht mehr zu sehen ist, und daher sahen ältere Beobachter unter diesen Umständen nur die Saturnskugel und gar nichts vom Ringe. Erst W. Herschel gelang es in den mächtigen Teleskopen, die er selbst verfertigt hatte, diese Lichtlinie zu erblicken. Entfernt sich nun Saturn aus dieser Lage, so wird sich auch die Sonne aus der Ebene seines Aequators entfernen, sie wird nun auch die Breite des Ringes bescheinen, zuerst unter einem kleinen Winkel, dann, je weiter sich die Sonne vom Aequator entfernt, unter einem immer größeren Winkel; daher erscheint nun der immer mehr geöffnete kreisförmige Ring in der Gestalt einer immer weiteren Ellipse, und die zwei Stücke dieser Ellipse, welche an beiden Seiten hervorragen, sind es, welche man wie zwei Henkel am Saturn sieht. Da sich aber die Sonne nur höchstens um den Winkel vom Aequator entfernen kann, welchen dieser mit der Saturnsbahn — oder, was ungefähr dasselbe sagt, mit der Erdbahn — einschließt, so kann auch die Oeffnung der Ellipse nicht über eine gewisse Größe hinausgehen, und aus diesem Grunde sehen wir den Ring nie als einen vollkommenen Kreis.

Herschel hat bemerkt, daß der Ring heller ist als der Saturn, also aus einem Stoffe bestehen muß, welcher das Licht stärker zurück wirft. Zugleich hat er gefunden, daß mehrere Stellen auf dem Ringe sich durch ihren besonderen Glanz von der übrigen Fläche unterscheiden und wie helle Flecken erscheinen. Aus der Bewegung dieser Flecken hat er das merkwürdige Ergebniß gefunden, daß sich der Ring in ungefähr 10 Stunden 32 Minuten um eine Achse dreht. Auch hat man in neuester Zeit bemerkt, daß der Saturn nicht genau in der Mitte des Ringes steht, daß vielmehr das östliche Ende des Ringes etwas weiter vom Planeten entfernt ist als das westliche.

Ich habe bisher von dem Ringe als einem einzigen zusammenhängenden Körper gesprochen, in Wahrheit ist er aber aus mehreren in einander liegenden zusammengesetzt. Schon ältere Beobachter bemerkten auf der breiten Fläche desselben eine schwarze Linie, die ihn in zwei ungleiche Theile theilt. Durch vielfältige Beobachtungen überzeugte sich W. Herschel, daß der Ring aus zwei in einander liegenden Ringen besteht, welche durch einen leeren Raum getrennt sind, und daß die erwähnte schwarze Linie nichts anderes ist, als der dunkle Himmelsgrund, welchen man zwischen den Ringen sieht. Im Juni 1780 sah Herschel viermal noch einen zweiten dunklen Streifen in dem äußeren Ringe, später aber nie wieder, jedoch haben auch andere Beobachter, sowohl ältere als neuere, zu verschiedenen Zeiten, drei bis vier Streifen in dem äußeren Ringe gesehen. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß der Ring aus mehr als zwei in einander liegenden Ringen besteht, die durch leere Zwischenräume getrennt sind, welche jedoch bis auf den einen, regelmäßig sichtbaren, dunklen Streifen nur unter besonders günstigen Umständen gesehen werden können. Betrachten wir vorläufig den Ring als aus nur zweien zusammengesetzt, so haben wir folgende Abmessungen:

Der äußere Durchmesser des ganzen Ringsystems beträgt 37600 Meilen

die Breite des äußeren Ringes	1900	"
der Raum zwischen den beiden Ringen	400	"
die Breite des inneren Ringes	3700	"
der Raum zwischen dem inneren Ringe und Saturn	4600	"

Ueber die Dicke des Ringes hat man noch keine zuverläßigen Messungen, nach dem jüngeren Herschel möchte sie schwerlich über 20 Meilen betragen. Uebrigens liegen die beiden Ringe nach neueren Untersuchungen nicht genau in einer Ebene und enthalten wahrscheinlich mancherlei Erhöhungen und Verbiegungen.

109. Der Saturn wird von sieben Monden oder Trabanten begleitet, die sich von Westen nach Osten um ihn bewegen; sie werden, wie die Jupiterstrabanten, durch Zahlen bezeichnet, indem man den innersten den ersten nennt und so fort zählt. Es war nicht so leicht, diese Trabanten zu finden als die Jupiterstrabanten, da sie viel kleiner erscheinen und sich weit von Saturn entfernen, also schwer aus der Menge kleiner Fixsterne herauszufinden waren. Den sechsten und größten fand zuerst Huyghens 1655, vier fand J. D. Cassini, nämlich den siebenten 1671, den fünften 1672, den dritten und vierten 1684. Weit schwieriger war die Auffindung des ersten und zweiten Mondes, da sie außerordentlich lichtschwach und außerdem schon darum schwer zu sehen sind, weil sie sich immer in der Nähe des hellen Planeten befinden. Daher gelang es Keinem vor W. Herschel, diese zwei Trabanten zu sehen, und auch dieser konnte sie nur unter besonders günstigen Umständen mit Hülfe seines mächtigen vierzigfüßigen Teleskops (§. 74) finden; ja er ist zugleich lange der einzige geblieben, der diese kleinen Körper, welche zu den am schwersten aufzufindenden Gegenständen am Himmel gehören, gesehen hatte. Erst im Jahre 1836 fand Herr Professor Lamont auf der Sternwarte zu Bogenhausen, bei München, den zweiten wieder, mit Hülfe eines der besten Frauenhofer'schen Fernrohre; den ersten fanden die Astronomen der Sternwarte zu Rom im Jahre 1838 wieder. Herschel entdeckte beide im Jahre 1789.

Die Bahn dieser zwei innersten Trabanten ist noch wenig bekannt, und auch von den übrigen ist nur die Bahn des sechsten, der den Beobachtungen und Messungen die wenigsten Schwierigkeiten entgegensetzt, genauer erforscht. Nach den bisherigen Untersuchungen hat man folgende Zahlenangaben.

	Umlaufszeit.	Abstand vom Mittelpunkte des Saturn.
I. Mond	22 Stund. 36 Min.	20000 Meilen
II. "	1 Tag 8 " 53 "	26000 "
III. "	1 " 21 " 18 "	43000 "
IV. "	2 " 17 " 45 "	55600 "
V. "	4 " 12 " 25 "	77600 "
VI. "	15 " 22 " 41 "	168800 "
VII. "	79 " 7 " 54 "	524700 "

Der erste Mond hat die schnellste Umlaufszeit, die wir im Planetensysteme kennen, und der Durchmesser seiner Bahn ist nicht größer als der Durchmesser des Jupiter.

Der siebente Mond zeigt, wie schon ältere Beobachter bemerkt haben, während seines Laufes einen starken Lichtwechsel, so daß er an gewissen Stellen seiner Bahn selbst in sehr starken Fernrohren gar nicht zu sehen ist. Herschel beobachtete diesen Lichtwechsel während zehn Umläufe dieses Mondes und schloß daraus, daß auch er, wie unser Mond und die Jupitersmonde (§. 89, 106), sich in derselben Zeit um eine Achse dreht, in welcher er seine Bahn um den Planeten vollendet. Dieser Trabant ist zugleich der einzige, dessen Bahn eine starke Neigung gegen den Aequator des Saturn hat, während die übrigen sich immer in der Nähe des Aequators befinden.

Ueber die Größe der Saturnstrabanten läßt sich bis jetzt noch nichts Bestimmtes sagen, da ihr Durchmesser, selbst der des sechsten und größten, unter einem so kleinen Winkel erscheint, daß eine genaue Messung nicht möglich ist. Gewiß ist, daß dieser Winkel weniger als eine Sekunde beträgt; da nun eine Länge, die aus der Entfernung des Saturn gesehen wird, 800 Meilen groß seyn muß, wenn sie unter dem Winkel von einer Sekunde erscheinen soll, so können wir hieraus schließen, daß selbst der größte Saturnsmond noch nicht 800 Meilen im Durchmesser hat, die anderen aber gewiß noch viel kleiner sind.

110. Christian Huyghens van Zuylichem, der mittlere von drei Brüdern, wurde den 14. April 1629 im Haag geboren. Sein Vater, ein vielfach wissenschaftlich gebildeter Mann, auch als Dichter nicht ohne Ruf, war Sekretär und geheimer Rath des Prinzen von Oranien. Huyghens war unstreitig einer der größten Mathematiker und Physiker seiner

Zeit, und kann gewissermaßen als der Vorläufer seines jüngeren Zeitgenossen Newton betrachtet werden, da man ihm einige der wichtigsten Grundlagen der Bewegungslehre verdankt, welche der Letztere zu einem so hohen Grade von Ausbildung brachte, wie namentlich das Wesen der Schwungkraft (§. 84) und die Gesetze des Stoßes. Sein ganzes Leben, welches, durch keine merkwürdigen Zwischenfälle getrübt, in ungestörter Ruhe dahin floß, war ausschließlich der Wissenschaft gewidmet, und eine Reihe der glänzendsten Entdeckungen und Untersuchungen die Frucht seines unermüdlichen Eifers. Der Kampf mit Nahrungssorgen, welcher leider über das Leben der meisten großen Geister einen traurigen Reiz verbreitet, blieb ihm fremd, da seine Familie zu den angesehensten und reichsten Hollands gehörte. Schon als Knabe zeigte er sehr viel Neigung zu Mathematik und Maschinenwesen. Im Jahre 1644 wurde er nach Leyden geschickt um dort die Rechte zu studiren, doch widmete er einen großen Theil seiner Zeit der Mathematik, wobei er an dem dortigen Professor van Schooten einen trefflichen Führer fand. Auch an der, unter Leitung seines Vaters, neugestifteten Universität Breda, wo er von 1646 bis 1648 blieb und die Bekanntschaft eines anderen ausgezeichneten Mathematikers, des dortigen Professors Pell, machte, setzte er diese Studien fort, und es dauerte nicht lange, so zog er die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf sich, indem er einige mathematischen Aufgaben löste, an welchen man sich bis dahin vergebens versucht hatte. Im Jahre 1655 reiste er nach Frankreich, und erhielt an der damaligen protestantischen Universität Angers die juristische Doktorwürde. Nach Holland zurückgekehrt, beschäftigte er sich viel mit der Verfertigung von Fernrohren, und erlangte eine so große Fertigkeit im Schleifen der Gläser, daß seine Fernrohre alle früheren weit übertrafen.

Außer anderen Beobachtungen am Himmel, über die Fixsterne, über die Flecken des Mars und die Streifen des Jupiter (§. 101, 102), die er mit diesen selbstverfertigten Werkzeugen anstellte, fand er auch mit ihrer Hülfe den sechsten Saturnstrabanten (§. 109) und beobachtete die Aenderungen der Gestalt des Saturn, welche ihn auf die Entdeckung des Saturnsringes (§. 108) führte. Er verkündete im voraus, daß der Ring 1671 verschwinden und 1672 wieder erscheinen würde,

und das wirkliche Eintreffen dieser Voraussagung bestätigte seine Behauptung unwiderleglich.

Unberechenbare Verdienste um das bürgerliche Leben wie um die Wissenschaft erwarb er sich durch Erfindung der Pendeluhren, welche er im Jahre 1656 erdachte und durch deren Anwendung die Sternkunde einer ganz neuen Entwickelung entgegen ging (§. 11).

Bei der Stiftung der französischen Akademie der Wissenschaften wurde Huyghens, wie mehrere andere auswärtigen Gelehrten, mit einem bedeutenden Jahrgehalte nach Paris gezogen. Im Jahre 1666 ging er dorthin ab und blieb 15 Jahre in dieser Stellung. Eine große Menge Abhandlungen, welche er sowohl der Pariser Akademie als der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften überreichte, so wie viele theils neue Erfindungen, theils Vervollkommnungen früherer, bezeichnen seine Thätigkeit in diesem Zeitraume; hierzu gehört besonders auch die Anwendung der Spiralfedern zur Regulirung der Taschenuhren, die bis dahin höchst ungenaue Werkzeuge gewesen waren.

Die hinlänglich bekannten Bedrückungen der Protestanten, welche Frankreich so vieler nützlicher Bürger beraubten, nöthigten Huyghens, so wie Römer (§. 105), den man ebenfalls an die Akademie berufen hatte, seine Stellung in Paris aufzugeben und ins Vaterland zurück zu kehren (1681). Man versuchte vergebens, ihn zurück zu halten, er verschmähte es wahrscheinlich, die Gewissensfreiheit als eine Gnade anzunehmen, die er als ein Recht fordern durfte. Seit dieser Zeit brach er alle Verbindung mit der französischen Akademie ab, während er der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften noch immer Abhandlungen schickte, auch sonst in seinen Forschungen nicht feierte.

Im Anfange des Jahres 1695 wurde er gefährlich krank, und erlangte seine Geisteskräfte, die er schon gänzlich verloren hatte, nur auf kurze Zeit wieder, während welcher er über seine sehr reichhaltigen handschriftlichen Arbeiten verfügte, deren Herausgabe er zweien seiner Schüler übertrug. Durch diese sind dann auch nach seinem Tode mehrere völlig zum Druck ausgearbeitete Schriften herausgegeben worden. Er starb den 8. Juni 1695 im Alter von 66 Jahren.

111. Der Saturn bildete in älterer Zeit die Gränze des Sonnensystems; durch die Entdeckung des Planeten*

Uranus

welchen Herschel am 13. März 1781 fand, ist für unser Wissen das Gebiet, in welchem die Anziehungskraft der Sonne sich äußert, um das Doppelte erweitert worden. Seine Umlaufszeit beträgt 84 Jahre 5 Tage 19 Stunden 41 Minuten; er bewegt sich also sehr langsam, so daß er durchschnittlich nur etwas über vier Grad im Thierkreise jährlich zurück legt; und da er mit unbewaffnetem Auge kaum sichtbar ist, so war es nicht leicht, ihn unter den vielen kleinen Fixsternen als Planeten herauszufinden. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 396 Millionen Meilen, die größte 415 Millionen, die kleinste 378 Millionen; von der Erde kann er sich daher bis auf 436 Millionen Meilen entfernen und bis auf 357 Millionen ihr nahe kommen. Seine Bahn liegt fast ganz in der Ebene der Erdbahn, da sie nur einen Winkel von 46 Minuten mit derselben bildet. Sein Licht ist weiß, sein Durchmesser beträgt ungefähr 7500 Meilen, die sonstige Beschaffenheit seiner Oberfläche ist uns aber unbekannt, da er sich uns als eine zu kleine Scheibe zeigt; und so können wir auch nur vermuthen, nicht aber aus der Erfahrung beweisen, daß er sich, wie die übrigen Planeten, um eine Achse dreht. Sollte er jedoch abgeplattet seyn, wie ihn Herschel mehrfach gesehen zu haben glaubt, so würde schon hieraus auf eine Umdrehung zu schließen seyn (§. 102).**

Herschel entdeckte auch sechs Monde dieses Planeten, sie gehören zu den feinsten Gegenständen am Himmel, und können daher nur mit Hülfe so ausgezeichneter Werkzeuge gesehen werden, wie sie ihm zu Gebote standen, weswegen sie auch fast von keinem Astronomen nach ihm beobachtet worden sind. Zwei Monde, den zweiten und vierten — wenn wir wieder denjenigen Mond, welcher dem Planeten am nächsten steht, den ersten nennen und so fort zählen —, fand er schon 1787, und nach seinen Bestimmungen braucht der zweite 8 Tage 17

---

* Die Geschichte dieser Entdeckung findet man in „Deutscher Heldensaal und Ehrentempel." Theil 2.

** In neuester Zeit hat Mädler (§. 94) eine Reihe von Messungen angestellt, nach welchen die Abplattung ungefähr $^1/_{10}$ betragen soll.

Stunden, der vierte 13 Tage 11 Stunden zu seinem Umlaufe; der zweite ist 64000 Meilen, der vierte 85000 Meilen vom Planeten entfernt. Fast dieselbe Umlaufszeit hat auch Herschels Sohn, der würdige Erbe seines Namens, Sir John Herschel, aus seinen Beobachtungen gefunden. Zwei andere Monde, den ersten und fünften, fand Herschel im Jahre 1790 und später im Jahre 1794 noch zwei andere, den dritten und sechsten. Herschel hatte die größte Mühe, diese feinen Punkte auch nur zu sehen, geschweige ihren Lauf zu beobachten, er verwechselte sie häufig mit kleinen Fixsternen, die in der Nachbarschaft standen, so daß sogar mehrere Astronomen das Vorhandenseyn dieser Monde bezweifelt haben. Soviel ist jedoch gewiß, daß sie von keinem anderen Astronomen gesehen worden sind, nur den sechsten will Herr Professor Lamont (§. 109) im Jahre 1837 wieder gefunden haben.

An den zwei zuerst entdeckten und genauer untersuchten Monden hat man mehrere sehr eigenthümliche Erscheinungen bemerkt. Während alle übrigen Planeten und Monde sich von Westen nach Osten bewegen, laufen diese zwei Monde in entgegengesetzter Richtung, von Osten nach Westen, und während die Monde der übrigen Planeten nur eine geringe Neigung gegen die Bahn ihres Planeten haben, stehen die Bahnen dieser zwei Monde fast senkrecht auf der Bahn des Uranus.

112. Die früher betrachteten Planeten sind sich in manchen Einzelnheiten sehr ähnlich. Alle bewegen sich von Westen nach Osten um die Sonne, ihre Bahnen sind Ellipsen, die nur mäßig von der Kreisform abweichen; auch sind diese Bahnen nur wenig gegen die Erdbahn geneigt, weswegen die Planeten auch immer innerhalb des Thierkreises bleiben (§. 38). Ferner sind diese Bahnen durch so große Zwischenräume getrennt, daß ein Zusammentreffen zweier Planeten unmöglich ist.

Dagegen zeigen die Planeten auch einige Verschiedenheiten, welche Veranlassung geben, sie in zwei Gruppen zu theilen; zu der einen Gruppe gehören Merkur, Venus, Erde und Mars, zu der anderen Jupiter, Saturn und Uranus. Die Planeten der ersten Gruppe haben verhältnißmäßig viel kleinere Durchmesser, die Umdrehungszeit, insofern sie sicher bekannt ist, beträgt bei ihnen — bei Erde und Mars — nahe 24 Stunden, während sie bei der zweiten Gruppe — bei

Jupiter und Saturn — kaum zehn Stunden beträgt; damit verbunden ist der Umstand, daß die Planeten der ersten Gruppe wenig, die der zweiten stark abgeplattet sind. Ferner haben drei Planeten der ersten Gruppe gar keinen, die Erde nur einen Mond, während von den Planeten der zweiten Gruppe jeder mehrere Monde hat. Dieß berechtigt uns in Verbindung mit dem Umstande, daß die zu einer Gruppe gehörenden Planeten auch in ihren Abständen von der Sonne auf einander folgen, zu der Vermuthung, daß die Planeten der ersten Gruppe einerseits, und in der zweiten andererseits, in einer eigenthümlichen nahen Beziehung zu einander stehen.

113. Was die Anzahl der Monde betrifft, so findet man zwar häufig einen Grund für ihre ungleiche Vertheilung angeführt, aber eine genauere Betrachtung zeigt, daß er durchaus unhaltbar ist. Man geht nämlich dabei von der Ansicht aus, daß die Monde dazu bestimmt sind, ihre Planeten zu beleuchten und schließt folgendermaßen: Je weiter ein Planet von der Sonne entfernt ist, desto kleiner erscheint ihm diese, desto weniger Licht erhält er von derselben. Merkur und Venus, welche der Sonne sehr nahe sind, erhalten hinlängliches Licht von der Sonne, der schon weiter entfernten Erde wurde ein Mond zur Verstärkung der Beleuchtung gegeben. Bei Jupiter reichte ein einziger Mond nicht mehr aus, daher wurden ihm vier gegeben; der noch viel weiter entfernte Saturn erhielt deren sieben, und außerdem einen Ring, welcher ebenfalls zu seiner Beleuchtung beiträgt. Aber diese Betrachtung, welche sich anmaßt, in den Plan der Schöpfung einzudringen, ist schon in sich selbst widersprechend, da sie es unerklärt läßt, warum der Mars, welcher noch weiter als die Erde von der Sonne absteht, gar keinen Mond hat, wenigstens könnte ein solcher, wenn er vorhanden wäre, Nichts zur Beleuchtung beitragen, da er, wenn er auch nur etwa zehn Meilen im Durchmesser hätte, unmöglich bis jetzt verborgen geblieben wäre. In Beziehung auf Uranus, der, wiewohl weiter als Saturn von der Sonne entfernt, doch nur sechs Monde hat, könnte man vielleicht sagen, daß es außer den bisher entdeckten Monden desselben, die ja so äußerst schwer zu sehen sind, noch andere gebe; man könnte auch annehmen, daß Uranus von einem oder gar von mehreren Ringen umgeben sei und sich dabei auf Herschel berufen, welcher wirklich

mehrmals zwei auf einander senkrechte Ringe bemerkt zu haben glaubte, freilich später selbst wieder diese Beobachtungen verwarf.

Man scheint aber bei dieser Betrachtung gerade die Hauptsache ganz übersehen zu haben, daß nämlich die Monde den Zweck, das schwächere Sonnenlicht zu ergänzen, überhaupt gar nicht erfüllen können. Sollten sie dieß thun, so mußten sie neben dem Sonnenlichte sichtbar seyn, aber die Monde der übrigen Planeten werden eben so wenig dort am Tage gesehen als unser Mond bei uns; denn in demselben Verhältnisse, wie die weiter entfernten Planeten selbst, werden ja auch ihre Monde schwächer von der Sonne erleuchtet, das Verhältniß der Stärke des Mondenlichtes zum Sonnenlichte bleibt also immer dasselbe. Mithin können die Monde unmöglich zur Erhellung des Tages bestimmt seyn, sie können, wenn sie überhaupt zur Beleuchtung der Planeten bestimmt sind, diesen Zweck nur des Nachts erfüllen. Warum sollten aber alsdann Merkur und Venus weniger eines Mondes bedürfen als die Erde? Sind denn die Nächte des Merkur weniger dunkel als die der Erde?

Aber auch der Gedanke, daß die Monde, gleichsam wie Laternen, dazu bestimmt sind, die Nächte der besonders begünstigten Planeten zu erhellen, so tief er auch in den gangbaren Vorstellungen wurzelt, kann vor der Wissenschaft keine Gnade finden. Denn in der That ist es leicht nachzuweisen, daß die Monde diesen Zweck nur sehr unvollkommen erfüllen können, und daß es leicht gewesen wäre, durch eine kleine Aenderung in der Größe und Stellung der Monde, diese Absicht, wenn sie wirklich bei der Schöpfung zu Grunde gelegen hätte, auf eine weit vollkommenere Weise auszuführen. Darum ist es besser, in Bescheidenheit einzugestehen, daß wir die Pläne der Schöpfung nicht kennen, als ihr solche unter zu legen, welche durch ihre Unvollkommenheit beurkunden, daß sie nur die Ausgeburten einer höchst mangelhaften Einsicht sind. Um dieß zu erläutern, wollen wir einmal das Verhältniß Jupiters zu seinen Trabanten betrachten. Aus den Zahlenangaben, welche bei Besprechung dieses Planeten mitgetheilt worden sind, ergibt sich durch eine leichte Rechnung, daß die Oberfläche der Sonne auf Jupiter 27 mal kleiner als auf der Erde erscheint, und daß die Oberfläche des ersten

Mondes auf Jupiter ungefähr so groß gesehen wird, wie unser Mond auf der Erde, der zweite und dritte dagegen jeder nur etwa $^2/_7$ so groß, der vierte etwa $^1/_{15}$ so groß. Hieraus ergibt sich schon, daß diese vier Monde zusammen nicht so viel zur Beleuchtung des Jupiter beitragen, als zwei Erdmonde uns leisten würden. Aber selbst von dieser schwachen Beleuchtung ziehen viele Gegenden wenig oder gar keinen Nutzen und darunter gerade diejenigen, welche der Beleuchtung am meisten bedürfen, nämlich die Polargegenden. Denn da sich die Monde fast immer in der Ebene des Aequators befinden, so werden sie den Polargegenden durch den Jupiter selbst verdeckt, und zwar so, daß man von allen vieren bis zwei Grad Entfernung vom Pole gar nichts sieht, der erste aber, also gerade derjenige, welcher am meisten zur Beleuchtung beiträgt, da er dem Jupiter am nächsten steht, schon in einem Abstande von 9 Graden vom Pole unsichtbar wird. Während mithin die halbjährigen Polarnächte der Erde allerdings durch den Mondschein sehr gemildert werden (§. 28), genießen die Polargegenden des Jupiter, während der sechsjährigen Nächte, gar keinen Mondschein. Aber selbst am Aequator, wo die Monde bis zum Scheitel des Beobachters heraufkommen, wo man also die günstigste Stellung hat um sie zu sehen, geht ein beträchtlicher Theil ihres Lichtes verloren. Denn der erste Mond z. B. ist während eines einmaligen Umlaufes nur ungefähr 19 Stunden über dem Gesichtskreise, von dieser Zeit fällt nur die Hälfte, also $9^1/_2$ Stunden, in die Nächte; allein da der Mond bei jedem Umlaufe verfinstert wird und diese Verfinsterung $2^1/_4$ Stunden dauert, so bleiben nur noch $7^1/_4$ Stunden übrig, so daß mithin von den 21 Nachtstunden, die Jupiter während der 42 stündigen Umlaufszeit des Mondes hat, nur etwa der dritte Theil durch diesen erhellt wird. Rechnet man hierzu noch, daß der Mond, während dieser Zeit, keinesweges beständig als Vollmond, sondern in seinen verschiedenen Lichtgestalten gesehen wird, so kann man hieraus abnehmen, daß seine wesentliche Bestimmung unmöglich die Beleuchtung des Jupiter seyn kann.

Eine ähnliche Betrachtung zeigt, daß die Monde des Saturn eben so wenig zur Beleuchtung dieses Planeten bestimmt seyn können. Aber der Saturnsring? sollte er nicht diese

Bestimmung haben? In der That hat man dieß vielfach geglaubt, manche Astronomen haben gar glänzende dichterische Schilderungen von der Pracht des Anblicks gegeben, welchen der Ring den Bewohnern des Saturn gewähren muß, wenn seine innere Fläche von der Sonne beschienen wird, und er wie ein breiter glänzender Gürtel, vom Gesichtskreise aufsteigend einen großen Theil des Himmels umspannt, und auf der entgegengesetzten Seite wieder zum Gesichtskreise herab sinkt. Eine nüchterne Betrachtung zeigt indessen, daß dieser Ring dem Saturn weit mehr Licht entzieht als er ihm gibt. Da er um den Aequator schwebt, so ist er bis auf eine Entfernung von etwa 23 Graden von den Polen gänzlich unsichtbar, indem er vom Planeten verdeckt wird, und kann mithin zur Beleuchtung der Polargegenden gar nichts beitragen. Unter dem Aequator sieht man ihn freilich von Osten aufsteisteigend durch den Scheitelpunkt gehen und im Westen herabsinken, aber hier sieht man nicht seine Breite, sondern nur die schmale Kante, welche er dem Aequator zukehrt (§. 108). In den übrigen Gegenden sieht man ihn einen mehr oder weniger breiten Bogen am Himmel bilden und am Breitesten zeigt er sich in der Entfernung von ungefähr 37 Grad vom Aequator. Da nun von den beiden breiten Seiten des Ringes immer nur eine von der Sonne beschienen werden kann, so ist der Ring auch nur auf derjenigen Seite des Aequators sichtbar, über welcher sich die Sonne befindet, d. h. auf der Seite, welche, nach den Verhältnissen der Erde, Sommer hat und mithin der Beleuchtung des Ringes am wenigsten bedarf. Außerdem ist gerade am Tage der Ring vollständig erleuchtet, während des Nachts ein bedeutender Theil desselben durch den Schatten, welchen Saturn auf ihn wirft, verdunkelt wird. Tritt aber die Sonne auf die andere Seite des Aequators, so daß nun während fast 15 Erdenjahre Winter ist, so wendet der Ring nicht bloß seine unbeleuchtete Seite dem Saturnsorte zu, sondern er entzieht diesem zugleich das Licht der Sonne, und es entstehen nun Sonnenfinsternisse, welche mehrere Jahre, an manchen Orten sogar zehn Jahre, dauern können!

Man könnte daher viel eher behaupten, daß der Ring dazu bestimmt ist, den Saturn zu verdunkeln als ihn zu erhellen.

Nach solchen Betrachtungen wird man leicht den Gedanken

aufgeben, daß gerade unser Mond zur Beleuchtung seines Planeten, der Erde, bestimmt ist, wenn er auch zur Erreichung dieses Zweckes günstiger gestellt ist, als die Monde des Jupiter und des Saturn, da seine Bahn nicht in der Ebene des Erdäquators liegt, abgesehen davon, daß er noch immer eine viel zweckmäßigere Stellung haben könnte, wenn die Beleuchtung der Erde sein Hauptzweck wäre. Die Monde sind gewiß eben so wenig zur Erleuchtung ihrer Planeten erschaffen, als diese zur Erleuchtung ihrer Monde, oder als die große Sonne zur Erleuchtung der kleinen Planeten und ihrer Monde.

114. Ich kehre nach dieser nothwendigen Abschweifung wieder zu den zwei Planetengruppen zurück. Seit dem Anfange dieses Jahrhunderts hat man vier Körper entdeckt, welche sich ebenfalls um die Sonne als ihren Centralkörper (§. 61) bewegen und in sofern den Namen Planeten verdienen, jedoch weder zu der ersten noch zu der zweiten Gruppe gehören, und sich merkwürdiger Weise zwischen Mars und Jupiter, also gerade in demjenigen Raume bewegen, der diese zwei Gruppen trennt. Von den übrigen Planeten unterscheiden sie sich besonders in vier Dingen.

Erstens: Durch ihre Kleinheit; sie können nur im Fernrohre gesehen werden, wo sie sich als so kleine Scheiben darstellen, daß man bis jetzt noch keine genaue Messungen ihres Durchmessers machen konnte. Noch weniger ist es möglich gewesen, etwas Genaueres über ihre Oberfläche zu erfahren, Flecken und Streifen zu beobachten, weßwegen wir auch über ihre etwaige Abplattung und Umdrehungszeit durchaus Nichts wissen.

Zweitens: Durch die beträchtliche Neigung ihrer Bahn gegen die Erdbahn, weßwegen sie sich auch weit vom Thierkreise entfernen können, in welchem früher die Bewegung sämmtlicher Planeten eingeschlossen war (§. 112).

Drittens: Durch die starke Excentricität (§. 18) ihrer Bahnen. Während die übrigen Planetenbahnen wenig von der Kreisform abweichen, am meisten Merkur, so beschreiben diese vier Körper sehr gestreckte Ellipsen.

Viertens: Durch den geringen Unterschied in der mittleren Entfernung der Sonne von allen vieren. Während die übrigen Planeten durch weite Zwi-

schenräume getrennt sind, sind die Bahnen dieser vier Körper sehr eng in einander verschlungen, so daß sie sich wechselseitig beträchtlich nähern können. Wegen dieser Besonderheiten bildete Herschel aus diesen vier Körpern eine eigene Klasse, die er Asteroiden nannte.

Die starke Neigung ihrer Bahn gegen die Erdbahn und ihre starke Excentricität, so wie ihre Nähe bei dem großen Jupiterskörper, welcher eine beträchtliche Anziehung auf sie ausübt, bewirken, daß die Störungen bei ihnen viel stärker hervortreten als bei den übrigen Planeten, so daß ihre Bahnen zu verschiedenen Zeiten sehr verschiedene Formen haben, während bei den übrigen Planeten die Abweichung von der rein elliptischen Form nur immer in sehr engen Grenzen eingeschlossen ist. Die folgenden Zahlenangaben gelten daher zunächst nur für die gegenwärtige Zeit.

Der zuerst entdeckte dieser vier Körper hat den Namen

Ceres

erhalten. Er wurde am ersten Tage unseres Jahrhunderts (1. Januar 1801) von Piazzi auf der Sternwarte zu Palermo, und zwar durch einen sonderbaren Zufall, gefunden. Ein Fehler in einem Sternverzeichnisse, dessen sich Piazzi bediente, veranlaßte ihn nämlich, den Ort einiger kleinen Sterne im Sternbilde des Stieres genauer zu bestimmen, und hier fand er darunter einen kleinen Stern, welcher ein merkliches Fortrücken zeigte. Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt nahe 57 Millionen Meilen, die kleinste $52^1/_2$, die größte $61^1/_2$, also schwankt ihre Entfernung von der Erde zwischen 32 und 82 Millionen Meilen. Ihre Umlaufszeit beträgt etwas über 1684 Tage, die Neigung ihrer Bahn gegen die Erdbahn über zehn Grade.

Den 28. März 1802 entdeckte Olbers in Bremen die

Pallas

deren Bahn in allen Beziehungen der Bahn der Ceres sehr ähnlich ist; auch sie steht in ihrer mittleren Entfernung nahe 57 Millionen Meilen von der Sonne ab, ihre Umlaufszeit beträgt ungefähr 1686 Tage, die Excentricität ihrer Bahn ist aber beträchtlich größer als bei der Ceresbahn, so daß ihre kleinste Entfernung von der Sonne nur etwa 43 Millionen, ihre größte dagegen 71 Millionen Meilen beträgt. Die Neigung ihrer Bahn gegen die Erdbahn ist unter allen, die

im Sonnensysteme vorkommen, die größte und beträgt über $34^1/_2$ Grad.

Am ersten September 1804 fand Harding in Lilienthal die

Juno.

Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 55 Millionen Meilen, die Excentricität ihrer Bahn ist aber noch stärker als bei Pallas, und überhaupt die stärkste im Sonnensysteme; ihre kleinste Entfernung von der Sonne ist etwa 41 Millionen Meilen, ihre größte 69 Millionen Meilen. Die Neigung ihrer Bahn gegen die Erdbahn ist etwas größer als 13 Grade und ihre Umlaufszeit ungefähr 1593 Tage.

Zuletzt entdeckte noch Olbers den 29. März 1807 die

Vesta

deren mittlere Entfernung von der Sonne nur 49 Millionen Meilen beträgt, die größte beträgt $53^1/_2$, die kleinste $44^1/_2$ Millionen Meilen. Ihre Bahn ist um etwas mehr als 7 Grad gegen die Erdbahn geneigt und ihre Umlaufszeit ungefähr 1326 Tage.

Man hat früher viel von den hohen Lufthüllen gesprochen, mit welchen diese vier Planeten umgeben seyn sollen; allein die dahin gehörenden Beobachtungen scheinen nur in der Mangelhaftigkeit der angewandten Instrumente ihren Grund zu haben und lediglich auf Täuschung zu beruhen.

Die Entdeckung von vier Planeten innerhalb des kurzen Zeitraumes von sechs Jahren durfte zu der Hoffnung berechtigen, daß sie nicht die einzigen bleiben würden. Indessen ist diese Hoffnung bis jetzt noch unerfüllt geblieben. Aber es wird ein ewiges Ehrendenkmal für den deutschen Forschergeist bleiben, daß wir die Kenntniß aller fünf Planeten, welche in neuerer Zeit gefunden worden sind, ausschließlich dem Fleiße deutscher Astronomen verdanken. Denn auch Piazzi ist ein Deutscher, und zwar aus Veltlin, wo er den 16. Juli 1746 in dem kleinen Städtchen Ponte geboren wurde.

115. Schon vor der Entdeckung des Uranus war man auf die Vermuthung gekommen, daß sich zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet bewegen müsse, der sich nur wegen seiner geringen Größe der Aufmerksamkeit entzöge. Man hatte sich nämlich vielfach, jedoch vergebens, bemüht, die Zahlenfolge, welche den mittleren Entfernungen der Planeten von

der Sonne entspricht, auf ein Gesetz zurück zu führen, aber man hatte wenigstens bemerkt, daß diese Zahlen in einer Weise wachsen, die nicht ganz zufällig zu seyn scheint. Vernachlässigt man nämlich die Ueberschüsse, so findet man aus den früheren Zahlenangaben, daß Merkur um 8 Millionen Meilen, Venus um 14, Erde um 20, Mars um 31, Jupiter um 107, Saturn um 197 von der Sonne entfernt ist. Nimmt man aber die Zahlenreihe

0, 6, 12, 24, 48, 96, 192

wo jede Zahl, von der dritten an, das Doppelte der vorhergehenden ist, und setzt zu jeder noch 8 hinzu, so findet man

8, 14, 20, 32, 56, 104, 200.

Diese Zahlen stimmen nun näherungsweise mit der Entfernung der Planeten zusammen, bis auf die Zahl 56. Die Entdeckung des Uranus, dessen mittlere Entfernung von der Sonne 396 Millionen Meilen beträgt, ließ diese Zahlenreihe noch um ein Glied ausdehnen, denn zweimal 192 und 8 beträgt 392. Man sah sich daher um so mehr veranlaßt, darüber nachzudenken, warum in der ungefähren Entfernung von 56 Millionen Meilen kein Planet zu finden sei.

Der deutsche Philosoph Kant glaubte, der Jupiter könne vielleicht den Stoff, welcher diesen Planeten bilden sollte, durch die überwiegende Kraft seiner Masse an sich gezogen haben. Bode dagegen, der Direktor der Berliner Sternwarte, stellte schon 1772 die Vermuthung auf, es müsse sich zwischen Mars und Jupiter, in dem ungefähren Abstande von 56 Millionen Meilen von der Sonne, noch ein Planet bewegen. Statt dessen hat man nun in diesem Abstande die vier merkwürdigen kleinen Weltkörper gefunden. Man hat wohl die Vermuthung geäußert, es könnten diese nur Trümmer eines großen Weltkörpers seyn, der sich einst in diesem Abstande um die Sonne bewegte und durch irgend ein Ereigniß, etwa durch Vulkane, die in seinem Inneren wütheten, in Stücke gesprengt wurde. Indessen haben wir keinen Grund, eine solche Zerstörung im Sonnensysteme anzunehmen, wo sonst alles auf die Erhaltung desselben berechnet zu seyn scheint (67). Es ist vielmehr weit wahrscheinlicher anzunehmen, daß die Mannigfaltigkeit, welche sonst in den Bildungen der Natur hervortritt, sich auch in dem Bau der Körper, welche die Sonne umkreisen, zeigt, und daß es bloß Folge früherer be-

schränkten Vorstellungen ist, wenn man es auffallend fand, daß nicht alle Planeten, in Beziehung auf ihre Größe und Gestalt ihrer Bahn, denjenigen ähnlich sind, welche man zuerst kennen lernte. Wir werden im nächsten Hauptstücke noch eine große Klasse von Weltkörpern kennen lernen, die sich ebenfalls um die Sonne bewegen, aber noch viel verschiedener von den Planeten sind. Merkwürdig bleibt es allerdings, daß gerade zwischen den zwei Planetengruppen vier Körper sich befinden, die weder zu der einen noch zu der anderen gehören.

116. Somit hätten wir alle bekannten Planeten besprochen. Auf die Frage, ob es nicht noch andere gibt, läßt sich nicht mit Bestimmtheit antworten. Zwischen Mars und Merkur ist ein solcher schwerlich zu suchen; denn selbst, wenn er nur zwanzig Meilen im Durchmesser hätte, würde er, wenn er der Erde am nächsten steht, unter einem so großen Winkel erscheinen, daß er schwerlich nach Entdeckung des Fernrohrs verborgen geblieben wäre. Zwischen Jupiter und Uranus könnten sich allerdings noch kleine Planeten bewegen, aber diese müßten zwischen den großen Massen der drei größten Planeten, Jupiter, Saturn und Uranus so beträchtliche Störungen erfahren (§. 67), daß sie sich schwerlich als Planeten erhalten könnten, sondern wahrscheinlich sich um einen dieser Körper bewegen müßten. Unbekannte Planeten wären daher nur in drei Räumen mit Wahrscheinlichkeit zu suchen. Erstens könnten solche der Sonne näher seyn als der Merkur; aber da schon Merkur schwer zu sehen ist, so ist es nicht wahrscheinlich, daß wir einen solchen Planeten je sehen würden, höchstens könnte dieß dann der Fall seyn, wenn er vor der Sonne vorüber ginge, wo er sich als schwarzer Flecken zeigen könnte. Zwischen Mars und Jupiter könnte sich allerdings noch mancher kleine Planet bewegen. Endlich könnten auch noch jenseits des Uranus Planeten vorhanden seyn. Nach der oben erwähnten Zahlenfolge müßte der nächste ungefähr zweimal so weit als Uranus von der Sonne entfernt seyn, also eine beträchtliche Größe haben, wenn er in guten Fernrohren noch gesehen werden sollte. Es ist aber auch gar nicht unwahrscheinlich, daß ein solcher Planet wirklich vorhanden ist. Man hat nämlich bemerkt, daß die Bahn des Uranus sich nicht genau als dieselbe zeigt, wenn man sie aus älteren und dann

aus neueren Beobachtungen berechnet, und daß die Verschiedenheiten keineswegs bloß auf Rechnung etwaiger Beobachtungsfehler gesetzt werden können, da sie im Verhältniß zu der anerkannten Geschicklichkeit und Genauigkeit der Beobachter, viel zu groß sind. Es ist vielmehr mit der größten Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, daß diese Verschiedenheiten Folge von Störungen sind, welche ein bis jetzt unbekannter Planet in der Bewegung des Uranus hervorbringt. Und so kann es kommen, daß man durch fortgesetzte genaue Beobachtungen des Uranus, das Vorhandenseyn und die Bahn eines anderen Planeten bestimmen wird, den man nie zu sehen im Stande seyn wird. Wäre die rechnende und beobachtende Sternkunde schon früher hinlänglich ausgebildet gewesen, so hätte man auf ähnliche Weise das Vorhandenseyn des Uranus, schon lange vor seiner Entdeckung durch Herschel, aus den Störungen finden müssen, welche er auf die Bahn des seit Jahrtausenden beobachteten Saturns ausübt.

Sechzehntes Hauptstück.

117. Zu dem Sonnensysteme gehört noch eine andere Klasse von Körpern, die **Kometen**, deren Anzahl bei weitem bedeutender ist als die der Planeten. Sie bewegen sich ebenfalls, durch die Anziehungskraft getrieben, um die Sonne; aber von den Planeten unterscheiden sie sich nicht bloß durch die Gestalt ihrer Bahn, sondern mehr noch durch ihr äußeres Ansehen. Sie zeigen sich nicht, wie die Planeten, als eine scharf begränzte Scheibe, sondern als eine verwaschene nebelige Hülle, die sich ins Unbestimmte verliert und der **Kopf** des Kometen heißt. Im Inneren des Kopfes, aber nicht gerade in der Mitte, zeigt sich meistens eine hellere Stelle, der sogenannte **Kern**. An den Kopf schließt sich aber bei vielen Kometen, ein mannigfaltig gebildeter heller Streifen, der **Schweif**, welchem sie ihren Namen **Kometen**, d. h. Haarsterne, verdanken.* Vor Erfindung des Fernrohrs kannte

---

* Zum Theil rührt dieser Name wohl auch von der Gestalt des Kometenkopfes her.

man nur diejenigen Kometen, welche groß genug waren, um auch dem unbewaffneten Auge sichtbar zu seyn; jetzt aber weiß man, daß es eine bei weitem größere Anzahl Kometen gibt, die man nur im Fernrohre oder Teleskope sieht und die ebendeßwegen teleskopische genannt werden.

Den griechischen Astronomen war die Bewegung der Kometen durchaus räthselhaft. Da diese Körper sich plötzlich zeigen, eine kurze Zeit hindurch eine Bahn am Himmel beschreiben, welche nicht auf die Kreisform, die einzige, in welcher sich nach damaliger Ansicht die Himmelskörper bewegen (§. 39), zurück zu führen war, und bald wieder verschwinden, so scheint man geglaubt zu haben, daß sie nur vorübergehende Lufterscheinungen sind, die nicht in das Gebiet der Sternkunde gehören. Hieraus erklärt sich, daß weder Hipparch noch Ptolemäus ihrer erwähnen, was sehr zu bedauern ist; denn hätten diese großen Astronomen den Lauf der Kometen, welche ohne Zweifel zu ihrer Zeit erschienen waren, am Himmel bestimmt, so würden wir im Stande seyn, deren Bahnen zu berechnen. Noch weniger dachten die späteren Nachbeter der griechischen Astronomen daran den Lauf der Kometen wissenschaftlich zu untersuchen. Je weniger aber die Wissenschaft sich um diese auffallenden Erscheinungen am Himmel kümmerte, desto mehr beschäftigten sie die Einbildungskraft des großen Haufens. Namentlich während der langen Nacht des Mittelalters, wo man schon den Planeten großen Einfluß auf das Geschick der Menschen zuschrieb, gewöhnte man sich immer mehr daran, die Kometen als Feuerzeichen anzusehen, durch welche sich der göttliche Zorn und dessen Folgen, Krieg und Krankheiten, ankündigten. Statt auf die Sternwarte, eilte man in die Kirche, um durch Gebet die zürnende Allmacht zu versöhnen, man schrieb Festtage aus und stiftete Klöster.

So sind uns eine Menge Nachrichten über Kometen aufbewahrt, die aber meistens von abergläubischen Chronikenschreibern herrühren, und zwar die ausführlichsten, durch die Furcht eingegebenen Beschreibungen des schrecklichen Ansehens der Kometen enthalten, aber durchaus keine brauchbaren Angaben über den Weg, welchen dieselben am Himmel durchliefen. Erst Regimontanus* (§. 40) beobachtete mit so großer

* Die Chinesen scheinen seit uralter Zeit vernünftigere Ansichten

Schärfe, als es der damalige Zustand der astronomischen Werkzeuge zuließ, den Lauf des Kometen, welcher im Jahre 1472 erschien, und seinem Beispiele folgten hierauf mehrere andere Astronomen. Damit war der erste Schritt geschehen, man hatte jetzt wenigstens sichere Angaben über den scheinbaren Weg der Kometen am Himmel, aber nun blieb noch die schwierigere Aufgabe hieraus die wahre Bahn derselben zu finden. Selbst Keppler, der zuerst die wahre Beschaffenheit der Planetenbahnen gefunden hatte (§. 47), dachte noch nicht daran, daß auch die Kometen Ellipsen um die Sonne beschreiben könnten, und erst Newton sprach den Gedanken aus, daß auch diese Körper ebenso, wie die Planeten, durch die Anziehungskraft der Sonne getrieben werden.

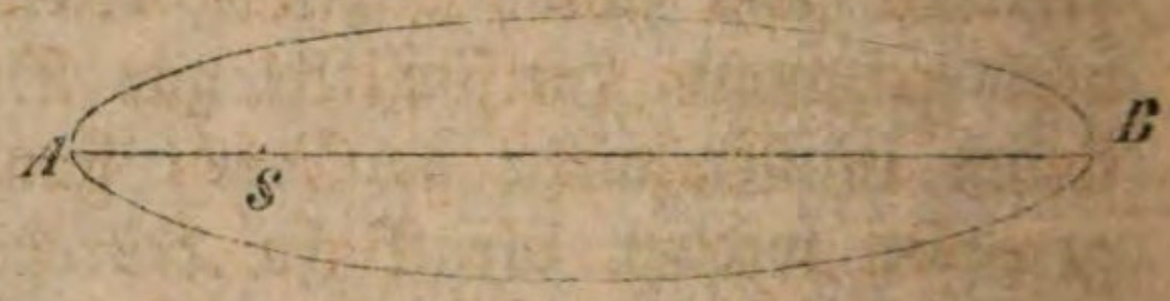
Nach Newtons früher (§. 60) erörterten Grundsätzen kann also die Bahn des Kometen dreierlei Gestalten haben, sie kann eine Parabel, Hyperbel oder Ellipse (Kreis) seyn. In den zwei ersten Fällen kann der Komet, da er keine in sich zurücklaufende Bahn beschreibt, nur zu einer einzigen Zeit sichtbar seyn, zu der Zeit nämlich, wenn er in die Nähe der Sonne kömmt, die im Brennpunkte steht; dann aber entfernt er sich immer mehr von der Sonne, und daher auch von uns, um nie wieder zurück zu kehren. Beschreibt er aber eine Ellipse, so wird er, wenn er uns in einem Punkte seiner Bahn hinlänglich nahe kömmt, auch bei jedem Umlaufe gesehen werden und man wird, wenn man eine genügende Zahl guter Beobachtungen besitzt, seine Bahn auf dieselbe Weise wie die Bahn der Planeten bestimmen und die Zeit seiner Wiederkehr voraus berechnen können.

Es ist nun wirklich gelungen, die Bahn mehrerer Kometen mit großer Genauigkeit zu bestimmen; man hat sich freilich zugleich überzeugt, daß diese Bestimmung bei weitem schwieriger ist als die der Planetenbahnen. Die Planeten, und auch die Monde mit zwei Ausnahmen (§. 111), bewegen sich alle von Westen nach Osten, bei den Kometen dagegen läßt sich gar nichts Allgemeines über die Richtung der Bewe-

---

über die Kometen gehabt zu haben, als die Abendländer, wenigstens haben sie dieselben fleißig beobachtet, wodurch wir das Vorhandenseyn und den Lauf einiger Kometen erfahren haben, über welche keine oder nur unnütze europäische Nachrichten da sind.

gung sagen, sie bewegen sich nach den verschiedensten Richtungen, zum Theil sogar von Osten nach Westen. Ferner weicht die Gestalt der Planetenbahnen nicht stark von der Kreisform ab, ihre Entfernung von uns wächst daher auch nie so sehr an, daß wir sie völlig aus den Augen verlören; sie erscheinen uns freilich kleiner, je weiter sie von uns entfernt sind, aber ihre sichtbare Größe ändert sich nie so stark, daß sie uns ganz verschwinden, sie bleiben vielmehr immer sichtbar, sobald sie nicht durch das stärkere Sonnenlicht überstrahlt werden, d. h. sobald sie sich des Nachts über unserem Gesichtskreise befinden. Nur die Bahnen der vier zuletzt entdeckten kleinen Planeten (§. 114), welche schon sehr gestreckte Ellipsen beschreiben, bilden gewissermaßen einen Uebergang zur Gestalt der Kometenbahnen. Die letzteren nämlich sind in der Regel so sehr gestreckte Ellipsen, daß ihre Entfernung von der Sonne und von uns zu verschiedenen Zeiten eine höchst verschiedene ist. Wenn der Komet, im Punkte A der großen Achse seiner Bahn, der Sonne, die im Brennpunkte S ist, am nächsten steht, und kurz vor und nach dieser Zeit, wird man ihn sehen, je weiter er sich aber von diesem Punkte entfernt, je näher er dem Punkte B kömmt, wo er am weitesten von der Sonne absteht, desto schwieriger wird es ihn zu sehen; und da die meisten Kometen nur ein schwaches Licht haben, welches mit ihrer Entfernung von der Sonne rasch abnimmt, so verliert man sie bald, nachdem sie der Sonne am nächsten, oder, wie man sagt, in ihrer Sonnennähe waren, ganz aus den Augen. Man kann mithin, wie sich hieraus ergibt, den Kometen immer nur während einer kurzen Strecke seines Laufes verfolgen, und muß aus dieser kleinen Strecke die Gestalt der ganzen Bahn bestimmen. Hierin liegt offenbar eine große Schwierigkeit, welche noch dadurch vermehrt wird, daß es, der Natur der Sache nach, nicht möglich ist, den Ort eines Kometen am Himmel so genau zu bestimmen, wie den eines Planeten. Denn die Planeten zeigen sich als scharf begränzte Scheiben, die einen ganz scharf zu fassenden Mittelpunkt haben, dessen Ort am Himmel daher auch ganz genau bestimmt werden kann.



Bei den Kometen dagegen, die nur unbestimmte Umrisse haben, kann von keinem solchen Mittelpunkte die Rede seyn, und die Umrisse selbst ändern sich während der Sichtbarkeit des Kometen oft so stark, daß der Komet sich gar nicht mehr ähnlich sieht. Was aber die Berechnung der Kometenbahnen noch ganz besonders schwierig macht, das sind die Störungen, welche ihre Bewegung durch die Planeten erleidet. Wir haben früher gesehen, daß die Störungen, welche die Planeten wechselseitig in ihren Bahnen hervorbringen, nur in kleinen Aenderungen bestehen (§. 67), anders aber ist es bei den Kometen. Denn da die letzteren sich nach allen Richtungen innerhalb des Sonnensystemes bewegen, so können sie während eines einmaligen Umlaufes nicht bloß von einem, sondern sogar von mehreren oder auch von allen Planeten sehr starke Störungen erleiden, ja ein Komet kann einem Planeten so nahe kommen, daß er durch dessen Anziehung gezwungen wird, eine Bahn zu beschreiben, die von seiner früheren gänzlich verschieden ist, wo dann auch seine Umlaufszeit eine ganz andere wird. Und hieraus sieht man, daß die alten Astronomen, selbst wenn sie viel genauere Hülfsmittel zur Beobachtung gehabt hätten als ihnen in Wahrheit zu Gebot standen, dennoch nicht im Stande gewesen wären, die Bahn der Kometen zu bestimmen, da ihnen selbst der bloße Begriff der Störungen unbekannt war. Ein merkwürdiges Beispiel einer solchen durch Störungen geänderten Bahn hat der Komet gegeben, welcher im Jahre 1770 erschien. Aus den damaligen Beobachtungen ergab sich nämlich, daß dieser Komet sich in einer Ellipse um die Sonne bewegt, zu deren Beschreibung er ungefähr $5\frac{1}{2}$ Jahre braucht. Es mußte daher auffallen, daß man ihn früher noch nicht gesehen hatte, und noch mehr, daß man ihn später in den Jahren 1776, 1781 u. s. w. nicht wieder sah. Der berühmte französische Mathematiker Laplace löste dieses Räthsel. Der Komet hatte früher wirklich eine ganz andere Bahn beschrieben, und war erst im Jahre 1767, wo er den Jupiter sehr nahe kam, durch diesen gezwungen worden, die Bahn zu beschreiben, in welcher er sich noch 1770 bewegte. Im Jahre 1776 war er wirklich wieder in die Sonnennähe gekommen, stand aber fast genau hinter der Sonne und so weit von der Erde entfernt, daß er nicht gesehen werden konnte. Im Jahre 1779 kam er dem Jupiter aber noch viel näher, so daß er

zwischen diesem und den vierten Trabanten durchging; hierdurch wurde aber seine Bahn so stark geändert, daß er nun immer weiter als der Planet Ceres von der Erde entfernt bleibt und daher wahrscheinlich nie wieder gesehen werden wird.

118. Es ist leicht anzugeben, was man eigentlich kennen muß, um eine vollständige Uebersicht vom Laufe eines Kometen zu haben, der sich in einer Ellipse bewegt. Zuerst muß man die Gestalt dieser Ellipse kennen, und diese ist vollkommen bestimmt, sobald man die Länge der großen Achse und die Lage der Brennpunkte, oder, was auf dasselbe hinaus kömmt, sobald man die zwei Punkte der Bahn kennt, in welchen der Komet der Sonne, die im Brennpunkte steht, am nächsten und am weitesten von ihr entfernt ist (§. 18). Ferner muß man die Lage der Bahn kennen, und diese bestimmt man am einfachsten dadurch, daß man angibt, welche Neigung dieselbe gegen die Erdbahn hat, und in welcher Richtung diejenige Linie liegt, in welcher die Ebenen dieser zwei Bahnen sich durchschneiden. Auch muß man wissen, nach welcher Richtung die große Achse der Bahn liegt, und außerdem muß noch bestimmt werden, zu welcher Zeit der Komet der Sonne am nächsten ist. Kennt man die Länge der großen Achse, so kann man alsdann daraus, abgesehen von den Störungen, nach dem dritten Keppler'schen Gesetze (§. 49) leicht berechnen, welche Zeit der Komet zu seinem Umlaufe braucht. Diese Bestimmungsstücke nennt man die Elemente einer Kometenbahn.

Edmund Halley, einer der ausgezeichnetsten Schüler Newtons (§. 81), war es, welcher sich zuerst der damals äußerst schwierigen Arbeit unterzog, aus den vorhandenen Beobachtungen, nach den Grundsätzen seines Meisters, die Bahn der Kometen zu berechnen. Unter mehreren hundert Kometen, über deren Erscheinung Nachrichten vorlagen, fand er jedoch nur 24, bei welchen die Beobachtungen hinreichten, um mit einiger Genauigkeit daraus die Bahn bestimmen zu können. Jedoch mußte er eines der Elemente, nämlich die Länge der großen Achse, und daher auch die Umlaufszeit unbestimmt lassen, und man wird leicht einsehen, woher dieß kam. Ich habe schon früher bemerkt, daß man den Kometen immer nur während eines kurzen Zeitraumes, und zwar nur

dann sieht, wenn er den kleinen Theil seiner Bahn durchläuft, welcher der Sonne am nächsten liegt. Vor Erfindung des Fernrohrs, also bis in das 17te Jahrhundert (§. 73), konnte man den Kometen nur so weit verfolgen als er noch mit bloßen Augen sichtbar war; später konnte er freilich mit Hülfe des Fernrohrs noch in entfernteren Punkten seiner Bahn gesehen werden, aber auch noch jetzt ist der sichtbare Theil des Laufes eines Kometen noch immer nur auf ein sehr kurzes Stück beschränkt. Soll nun aus diesem Stücke geschlossen werden, daß der Komet eine Ellipse und welche er beschreibt, so müssen die Beobachtungen so genau seyn, daß man sagen kann: Wenn der Komet in den angegebenen Zeiten an gewissen ganz genau bestimmten Orten der Himmelskugel gesehen worden ist, so kann sein Lauf durch keine andere Bahn dargestellt werden, als durch eine ganz genau bestimmte Ellipse. Sobald aber die Beobachtungen jene Orte nicht hinlänglich sicher angeben, sondern einen gewissen Spielraum lassen, so kann man eine Menge ganz verschiedener Ellipsen angeben, welche den Lauf des Kometen gleich gut darstellen, ja es kann sogar fraglich bleiben, ob der Komet überhaupt eine Ellipse beschreibt, oder ob das sichtbare Stück seiner Bahn nicht zu einer Parabel oder Hyperbel gehört. Die Beobachtungen, welche Halley zu Grunde legen konnte, waren aber wirklich zu ungenau, um diese Frage zu entscheiden, und er konnte daher nur diejenigen Elemente bestimmen, welche verschiedenen Ellipsen oder auch einer Parabel oder Hyperbel angehören konnten, nämlich die Lage der Bahn, den kleinsten Abstand von der Sonne und die Zeit, wann der Komet der Sonne am nächsten war.

Halley bemerkte aber, daß unter den Kometenbahnen, die er berechnet hatte, drei waren, welche in allen Stücken, durch welche die Lage der Bahn bestimmt wird, übereinstimmten, und daß der kleinste Abstand von der Sonne bei allen dreien derselbe war. Hieraus schloß er, daß diese drei Kometen nur die wiederholte Erscheinung eines und desselben, der sich in einer elliptischen Bahn bewegen, seien. Nun war der eine am 4. September 1531, der andere am 26. Oktober 1607, der dritte am 14. September 1682 in seiner Sonnennähe gewesen, zwischen je zwei Erscheinungen lag eine Zeit von 75 bis 76 Jahren; dieß mußte also die ungefähre Umlaufs-

zeit des Kometen seyn. Freilich waren die Zwischenzeiten nicht genau dieselben, denn zwischen dem ersten und zweiten Eintreffen des Kometen in der Sonnennähe waren 76 Jahre 52 Tage, zwischen dem zweiten und dritten dagegen nur 75 Jahre weniger 42 Tage verflossen; aber dieser Unterschied konnte theils aus den unvollkommenen Beobachtungen, theils aus den Störungen, welche der Komet von den Planeten erlitten hatte, erklärt werden. Halley nahm daher, als er diese Untersuchungen im Jahre 1705 bekannt machte, keinen Anstand vorauszusagen, daß dieser Komet sich um das Jahr 1758 wieder zeigen würde, und man kann sich denken, mit welcher Spannung die astronomische Welt diesem Zeitpunkte entgegensah. In der Zwischenzeit war man unterdessen in der Berechnung der Störungen schon viel weiter gekommen, und der französische Mathematiker Clairaut fand, daß der Komet innerhalb eines Monats vor oder nach der Mitte des Aprils des Jahres 1759 in seine Sonnennähe kommen würde. Dieser Bestimmung entsprach nun der Erfolg auf die überraschendste Weise, denn der Komet traf wirklich den 13. März 1759 in seiner Sonnennähe ein, und die Rechnung würde sich diesem Zeitpunkte noch näher angeschlossen haben, wenn die Beobachtungen aus den Jahren 1607 und 1682, welche Clairaut zu Grunde legte, genauer gewesen wären, und wenn er auf die Störungen des damals noch unbekannten Planeten Uranus hätte Rücksicht nehmen können. Somit war es denn entschieden, daß wenigstens ein Komet sich wirklich nach denselben Gesetzen, wie die Planeten, in einer Ellipse um die Sonne bewegt, man nennt ihn seit jener Zeit den Halley'schen Kometen. Die meisten Leser erinnern sich wahrscheinlich der prächtigen Erscheinung, welche dieser Komet bei seiner nächsten und bis jetzt letzten Wiederkehr im Jahre 1835 darbot. Damals kam er den 16. November in seine Sonnennähe, und die rechnende Astronomie war bis dahin schon so weit fortgeschritten, daß die Vorausbestimmungen nur um wenige Tage hiervon abwichen. Aus einigen spärlichen Beobachtungen über den Kometen, welcher 1456 erschien, hat man sich überzeugt, daß auch dieser dieselbe Bahn, wie der Halley'sche, beschrieb, und daher eine frühere Erscheinung desselben war. Weiter zurück reichen aber die europäischen Beobachtungen nicht, in China ist der Komet jedoch schon im Jahre 1378 so sorgfältig

beobachtet worden, daß man daraus seine Bahn annähernd berechnen konnte, und man hat gefunden, daß auch diese mit dem jetzt hinlänglich bekannten Laufe des Halley'schen Kometen sehr wohl übereinstimmt.

Dieser Komet bewegt sich von Osten nach Westen, also der Richtung der Planetenbewegung entgegengesetzt, sein kleinster Abstand von der Sonne ist ungefähr 12 Millionen Meilen, sein größter dagegen ungefähr 728 Millionen, seine nächste Rückkehr ist im Jahre 1912 zu erwarten.

Mit wie ganz anderen Augen als jetzt, betrachtete man diesen Kometen im Jahre 1456, wo er nicht Gegenstand der wissenschaftlichen Betrachtung, sondern der Furcht und des Schreckens war! Man sah ihn als den Vorboten der Verheerung an, welche dem Einfalle der Türken, die sich an den Gränzen des deutschen Reiches versammelt hatten, folgen sollte. Jeden Mittag eilte das Volk auf den Schall der Glocke schaarenweise in die Kirche, um in einem vom Pabste Calixtus eigens dazu angeordneten Gebete den Schutz des Himmels gegen die Türken, die Pest und den Kometen zu erflehen!

119. Man kennt jetzt noch zwei andere Kometen, die sich sicher in einer elliptischen Bahn bewegen, und deren der Vorausberechnung entsprechende Rückkehr man schon mehrfach beobachtet hat. Der eine ist der

Encke'sche Komet,

so benannt nach dem gegenwärtigen Direktor der Berliner Sternwarte, der zuerst seine Bahn berechnete, nachdem ihn der französische Astronom Pons im Jahre 1818 zu Marseille entdeckt hatte. Er ist besonders merkwürdig wegen seiner kurzen Umlaufszeit, die nur beinahe 3 Jahre 114 Tage beträgt. Seit jener Zeit ist er regelmäßig bei jeder Wiederkehr, mithin bereits sieben mal, in den Jahren 1822, 1825, 1828, 1832, 1835, 1838, 1842 gesehen worden, und es hat sich gefunden, daß es dieser Komet war, den man schon mehrfach früher gesehen hatte, nämlich in den Jahren 1786, 1795, wo ihn W. Herschels Schwester, Caroline Herschel, entdeckte, und 1805. Er gehört zu den kleinen Kometen, die nur durch das Fernrohr gesehen werden können, und bewegt sich von Westen nach Osten. Seine kleinste Entfernung von der Sonne beträgt ungefähr 7 Millionen Meilen, die größte 85 Millionen, seine Bahn liegt mithin innerhalb der Jupiterbahn.

Bei der häufigen Wiederkehr dieses Kometen ist es möglich gewesen, seine Bahn sehr genau kennen zu lernen; dadurch hat sich aber eine höchst merkwürdige Eigenthümlichkeit herausgestellt. Der Komet ist nämlich jedesmal etwas früher in seine Sonnennähe gekommen als die Berechnung angab. Früher würde man einen solchen Unterschied nicht berücksichtigt haben, aber gegenwärtig sind die Mittel zur Beobachtung wie zur Berechnung so genau, daß er nicht mehr vernachlässigt werden darf. Vielmehr müssen wir annehmen, daß noch etwas auf den Lauf des Kometen Einfluß hat, was bisher nicht berücksichtigt worden ist. Da alle Störungen durch die Planeten schon mit in die Rechnung aufgenommen worden sind, so muß man vermuthen, daß diese Beschleunigung ihren Grund in einem Umstande hat, der nur bei den Kometen, nicht aber bei den Planeten wirksam ist, da letztere keine solche Beschleunigung ihrer Bewegung zeigen. Herr Professor Encke hat hierüber folgende scharfsinnige Vermuthung aufgestellt.

Es ist denkbar, sogar wahrscheinlich, daß der Raum, in welchem sich die Körper unseres Sonnensystemes bewegen, nicht vollkommen leer, sondern mit einer äußerst feinen Luftart, wir wollen sie Aether nennen, angefüllt ist. Befände sich in diesem Raume eine Luftart, welche etwa so dicht wie unsere Luft wäre, so würde sie dem Laufe der Planeten einen merkbaren Widerstand entgegen setzen, wie er sich z. B. im Laufe einer abgeschossenen Kanonenkugel äußert, welcher durch den Widerstand der Luft sehr bedeutend abgeändert wird (§. 55). Aber eben weil der Aether, mit welchem wir uns den Raum des Sonnensystems ausgefüllt denken, so äußerst dünn ist, kann er den festen Planetenmassen keinen merklichen Widerstand entgegen setzen. Die Kometen dagegen, die sehr lockere Körper sind, kann er schon merklich in ihrem Laufe stören, gerade so wie eine Feder durch den Widerstand der Luft viel stärker in ihrem Laufe gehemmt wird als eine Bleikugel. Der Aether wird sich also der Fortbewegung des Kometen widersetzen, d. h. er wird die Tangentialkraft schwächen (§. 58). Würde diese Kraft ganz aufgehoben, so würde der Komet nun bloß der Anziehungskraft der Sonne folgen und unfehlbar in diese stürzen; aber weil die Tangentialkraft nur geschwächt wird, so wird sich die Anziehungskraft nur in demselben Verhältnisse stärker äußern. Der Komet wird noch

immer durch das Zusammenwirken dieser Kräfte eine krumme Bahn beschreiben, aber er muß sich in Folge der immer stärker werdenden Einwirkung der Anziehungskraft auch immer rascher bewegen. So sieht man, wie eine Hemmung die Ursache einer rascheren Bewegung werden kann. Je mehr der Komet in seinem Bestreben nach irgend einer Richtung fortzugehen gehemmt wird, desto mehr wird er gezwungen, der Einwirkung der Anziehungskraft der Sonne zu folgen, desto enger muß also auch seine Bahn um die Sonne, oder, was dasselbe sagt, desto kleiner muß die große Achse dieser Bahn werden. Je kleiner aber die große Achse ist, desto kürzer muß auch die Umlaufszeit seyn (§. 49 S. 132).

Der dritte Komet, dessen Wiederkehr nach Vorausberechnung beobachtet worden ist, heißt der

Biela'sche Komet

nach Herrn von Biela, welcher zuerst seine Wiederkehr vermuthet hat. Er bewegt sich von Westen nach Osten, und kann nur im Fernrohre gesehen werden. Seine Umlaufszeit beträgt 6 Jahre und 269 Tage, und er ist, der Rechnung entsprechend, schon zweimal wieder nach seinem Erscheinen im Jahre 1826, in den Jahren 1832 und 1839, gesehen worden; auch hat sich herausgestellt, daß er schon 1806 und 1772 beobachtet worden ist. Seine kleinste Entfernung von der Sonne beträgt ungefähr 18, die größte 128 Millionen Meilen.

Außer diesen drei Kometen, dem Halley'schen, Encke'schen und Biela'schen gibt es noch mehrere andere, welche hinlänglich lange und genau während ihres einmaligen Erscheinens beobachtet worden sind, daß man sich von ihrer elliptischen Bewegung überzeugen und ihre Umlaufszeit bestimmen konnte, jedoch hat man ihre Rückkehr noch nicht beobachtet. Zum Theil erklärt sich dieß aus der langen Dauer der Umlaufszeit. So braucht der große Komet, welcher 1811 erschien, fast 3000 Jahre um seine Bahn um die Sonne zu vollenden, der große Komet von 1680 aber über 8000 Jahre, die mittlere Entfernung desselben von der Sonne beträgt über 8800 Millionen Meilen, woraus sich zugleich die merkwürdige Folgerung ergibt, daß sich die Anziehungskraft der Sonne weit über den Raum hinaus erstreckt, innerhalb dessen sich die Planeten bewegen.

Unter diesen Kometen verdient derjenige besonders ausge-

zeichnet zu werden, dessen elliptische Bahn die letzte bis jetzt berechnete ist. Es ist ein kleiner, nur im Fernrohre sichtbarer Komet, den ein junger Astronom, Herr Faye, im November des vorigen Jahres (1843) auf der Pariser Sternwarte gefunden hat, und der, so viel bekannt ist, früher noch nicht beobachtet worden ist. Die Merkwürdigkeit seiner Bahn besteht darin, daß sie sich weniger als irgend eine andere Kometenbahn von der Kreisform entfernt, was man daraus sehen kann, daß die große Achse ungefähr 157 Millionen Meilen lang ist, während die kleine (§. 18) fast 131 Millionen beträgt. Nach der Berechnung des Herrn Doktor Goldschmidt, Observators an der Göttinger Sternwarte, die sehr genau mit den Beobachtungen übereinstimmt, braucht dieser Komet 7 Jahre 144 Tage zu seinem Umlauf um die Sonne. Seine kleinste Entfernung von der Sonne beträgt fast 35 Millionen Meilen, seine größte ungefähr 122 Millionen. Es ist kaum zu bezweifeln, daß er von nun an ebenso regelmäßig wie der Encke'sche und Biela'sche Komet beobachtet werden wird.

120. Ob es auch Kometen gibt, welche sich in einer Parabel oder Hyperbel bewegen, kann vorläufig nicht entschieden werden. Da ein solcher Komet, wie früher bemerkt wurde (§. 117), nur während der kurzen Zeit gesehen werden könnte, wo er sich in oder nahe bei seiner Sonnennähe befindet, so müßten die wenigen um diese Zeit anzustellenden Beobachtungen so genau seyn, daß sich aus ihnen mit Sicherheit nachweisen ließe, daß sie keiner Ellipse irgend einer Art entsprechen können. Allein das kurze Stück der Bahn, welches man beobachten kann, wird, auch wenn es einer Parabel angehört, doch gewiß immer eben so gut durch eine sehr gestreckte Ellipse dargestellt werden können. Man pflegt sogar bei allen Kometen, wenn man zum ersten Male die Elemente ihrer Bahn bestimmen will, von der Voraussetzung auszugehen, daß sie eine Parabel beschreiben, weil sich die Rechnung unter dieser Voraussetzung leichter führen läßt, und das kurze beobachtete Stück, auch wenn der Komet eine elliptische, aber, wie dieß meistens der Fall ist, sehr gestreckte Bahn beschreibt, sich gar nicht von dem Bogen einer Parabel unterscheiden läßt. Erst, wenn die Rechnung nicht mit der Beobachtung stimmen will, geht man zu einer neuen Rech-

nung über, um nun zu versuchen, ob irgend eine weniger gestreckte Ellipse die Beobachtungen besser darstellt.

Aehnliches gilt von der möglichen Bewegung eines Kometen in einer Hyperbel. Es ist gewiß, daß bis jetzt noch nie eine Rechnung mit Sicherheit darauf geführt hat, daß irgend eine Kometenbahn eine parabolische oder hyperbolische seyn muß.

Wollte man nach allgemeinen Gründen urtheilen, so müßte man sagen, daß eine parabolische oder hyperbolische Kometenbahn wenigstens sehr unwahrscheinlich ist. Denn es kann uns nicht wohl einleuchten, daß ein Körper, welcher von der Anziehungskraft der Sonne getrieben wird, nur ein einziges Mal in ihre Nähe kommen und dann sich immer weiter von ihr entfernen sollte, also wahrscheinlich einmal in die Nähe anderer großer Weltkörper, wie es nach späteren Erörterungen die Fixsterne sind, käme, und von diesen angezogen würde, so daß es mithin Körper gäbe, die sich nicht immer um denselben Hauptkörper, sondern bald um diesen bald um jenen bewegten.

121. Ueber die körperliche Beschaffenheit der Kometen, so wie über die verschiedenen Formen, unter welchen sie sich zeigen können, wissen wir noch äußerst wenig. Wollte man älteren Beschreibungen Zutrauen schenken, so müßten die Kometen mitunter die wunderlichste Gestalt haben, allein man überzeugt sich leicht von der Unzuverlässigkeit solcher Schilderungen, die von der Furcht eingegeben und nicht die Frucht ruhiger Beschauung sind. An den kleinen, nur im Fernrohre sichtbaren Kometen, lassen sich überhaupt nur wenig Beobachtungen über den Zustand ihrer Oberfläche machen; große Kometen sind aber selten, und so sind wir auf das Wenige beschränkt, was besonnene Forscher in neuerer Zeit an solchen bemerkt haben. Im Allgemeinen steht so viel fest, daß die Kometen fortwährenden Aenderungen unterworfen sind, so daß es unmöglich wäre, einen wiederkehrenden Kometen durch sein Aussehen als einen bereits früher gesehenen zu erkennen; dazu kann vielmehr nur, wie es früher am Halley'schen Kometen erörtert worden ist, die Gleichheit der berechneten Bahnen führen.

Was das Einzelne betrifft, so kann der Kopf verschiedener Kometen sehr verschiedene Größe und Lichtstärke haben. Während er bei manchen so klein und lichtschwach ist, das er

kaum noch mit Hülfe des Fernrohrs bei Nacht bemerkt wird, hat man auch Beispiele, daß er am hellen Tage gesehen wurde. So der Komet, welcher im Jahre 43 v. Chr. in Rom während der öffentlichen Spiele erschien; dasselbe erzählt man von den Kometen, die 1402 und 1532 gesehen wurden. Auch der Komet von 1744 konnte eine Zeitlang, selbst um Mittag, mit bloßem Auge gesehen werden, wenn man sich an einen passenden Ort stellte. Ohne Zweifel erinnern sich alle Leser noch der prächtigen Erscheinung, welche der Komet darbot, der in der zweiten Hälfte des März 1843 bei uns gesehen wurde und zu so viel verworrenem Gerede Veranlassung gab, weil man zuerst den tief am Gesichtskreis stehenden kleinen Kern gar nicht, sondern nur den schmalen aber langgestreckten glänzenden Schweif sah, und daher von manchen Seiten bezweifelte, daß es ein Komet sei. Auch dieser soll, sowohl in Italien als auch in Nordamerika, den 28. Februar mit bloßem Auge am hellen Mittage gesehen worden seyn.

Sehr merkwürdig ist die an vielen Kometen beobachtete Erscheinung, daß sie kleiner wurden, wenn sie sich der Sonne näherten, und wieder an Größe zunahmen, wenn sie sich von der Sonne entfernten. Zum Theil kann man sich dieß daraus erklären, daß der Komet, wenn er der Sonne näher kömmt, an Stellen des Himmelsgrundes gesehen wird, die stark beleuchtet sind, so daß man den matten Schimmer seiner äußeren Umrisse nicht bemerken kann, während diese wieder sichtbar werden, sobald der Komet sich weiter von der Sonne entfernt und daher an weniger von der Sonne erleuchteten Stellen des Himmels gesehen wird. So wäre mithin die Veränderlichkeit seiner Größe nur eine *scheinbare*. Allein es ist wahrscheinlich, daß seine Beschaffenheit auch *wirkliche* Veränderungen erleidet, die von seiner verschiedenen Entfernung von der Sonne abhängen. Je mehr sich der Komet der Sonne nähert, desto mehr ist er der Einwirkung ihrer Strahlen ausgesetzt, die äußeren Theile werden daher vielleicht durch die Wärme so stark ausgedehnt, daß sie nicht mehr im Stande sind, das Sonnenlicht zurückzuwerfen und daher unsichtbar werden, während nur noch die inneren dichteren Theile zu sehen sind. Entfernt sich dagegen der Komet von der Sonne, so kühlt er sich wieder mehr ab, die durch die Wärme ausgedehnten äußeren Theile werden wieder dichter

und nun durch das Sonnenlicht, welches sie zurückwerfen, sichtbar. Daher wird der Komet, indem er sich weiter von der Sonne entfernt, zu wachsen scheinen.

Ich habe hier zuletzt vorausgesetzt, daß die Kometen dunkele Körper sind, die nur, wie die Planeten, im erborgten Sonnenlichte leuchten. Dieß ist freilich gegenwärtig die herrschende Ansicht unter den Astronomen, doch ist sie keinesweges sicher ausgemacht, und manche sehr bedeutende Astronomen haben das Gegentheil angenommen.

Zu dieser Streitfrage steht eine andere in enger Beziehung, nämlich ob die Kometen einen festen Kern haben oder nicht? Hätten sie einen solchen, und wären sie von der Sonne erleuchtete Körper, so müßten sie uns, nach ihrer verschiedenen Lage gegen Sonne und Erde, ähnlich wie der Mond, in verschiedenen Lichtgestalten erscheinen. Da man aber niemals etwas der Art an irgend einem Kometen bemerkt hat, vielmehr bei einigen, wie z. B. bei den großen Kometen von 1807 und 1811, mit Gewißheit immer die volle Scheibe gesehen hat, so müßte man hieraus schließen, daß sie selbstleuchtende Körper sind. Allein es ist durch zahlreiche Beobachtungen hinlänglich erwiesen, daß viele Kometen sicher gar keinen, oder doch nur einen ungemein kleinen festen Kern haben, da man ganz kleine Sterne, welche der feinste Dunst in unserer Luft verdeckt hätte, durch das was man den Kern nennt, selbst nahe durch seine Mitte hindurch schimmern sah. Nach Versuchen des berühmten Arago, die ich jedoch hier nicht weiter erörtern kann, da sie auf sehr feinen Betrachtungen der Naturlehre beruhen, scheint es sicher, daß manche Kometen jedenfalls einen Theil ihres Lichtes der Sonne verdanken; allein es ist noch immer fraglich, ob sie nicht zugleich eigenes Licht haben. Wirklich hält es Bessel (§. 90) nach seinem 1835 angestellten Beobachtungen des Halley'schen Kometen für wahrscheinlich, daß dieser damals eigenes Licht gezeigt habe.

Die eben erwähnten Beobachtungen über das Durchschimmern der Sterne durch die Kometen beweisen zugleich, daß diese aus einem feinen Stoffe bestehen müssen, welcher die Lichtstrahlen ungebrochen (§. 5) durchgehen läßt, eine Eigenschaft, die selbst die feinste uns bekannte Luftart nicht besitzt. Noch nie hat man bemerkt, daß das Licht des Sterns unter

solchen Umständen die geringste Brechung erlitten hätte. Ob aber das Licht des Sterns beim Durchgang durch den Kometen nicht geschwächt wird, ist eine Frage, über welche die Astronomen nicht einig sind. Bessel z. B. behauptet, daß die Sterne immer merklich an Licht verloren, wenn sie (1835) hinter den Halley'schen Kometen traten; ähnliches hat auch Olbers bei dem großen Kometen von 1811 bemerkt, während Struve, einer der ausgezeichnetsten unter den jetzt lebenden Beobachtern, versichert, daß er den 29. September 1835 einen kleinen Stern hinter die Mitte des Halley'schen Kometen treten sah, ohne dabei irgend eine Schwächung seines Lichtes zu bemerken; ein noch kleinerer Stern war freilich im dichtesten Theil des Kometen schwierig zu erkennen.

122. Im höchsten Grade mannigfaltig und nicht durch Beschreibung zu erschöpfen sind die Erscheinungen, welche die Kometenschweife darbieten; selbst bei einem und demselben Kometen ändern sie in der Regel, während der Dauer seiner Sichtbarkeit, fortwährend ihre Gestalt. Gewöhnlich wird der Schweif länger, wenn sich der Komet der Sonne nähert und nimmt mit der Entfernung des Kometen von der Sonne wieder ab.

Bei manchen Kometen schließt sich der Schweif unmittelbar an den Kopf an, bei anderen ist er durch einen dunkelen Raum davon getrennt, wie dieß z. B. bei dem großen Kometen von 1811 der Fall war. Hier war der eigentliche Kopf von einer Nebelhülle umgeben, die durch einen dunkelen Zwischenraum davon getrennt war und von dieser Hülle aus erstreckten sich zwei lange Schweife, nach der der Sonne entgegengesetzten Seite, die an den Rändern glänzender, nach der Mitte hin viel lichtschwächer erschienen. Auch bei dem großen Kometen von 1807 und anderen Kometen hat man solche Doppelschweife bemerkt, der Komet von 1744 hatte sogar sechs Schweife oder eigentlich drei Doppelschweife, die durch dunkele Zwischenräume von einander getrennt waren. Selten ist der Schweif gerade ausgestreckt, wie bei dem Kometen von 1843, meistens nach einer Seite hin gekrümmt, zuweilen breitet er sich auch fächerartig nach beiden Seiten aus. Früher glaubte man, der Schweif läge immer auf der von der Sonne abgekehrten Seite; dieß ist jedoch nur in so fern richtig, als er gewöhnlich von der Seite des Kometen aus-

geht, welche der Sonne entgegengesetzt ist, dann aber krümmt er sich in der Regel mehr oder weniger, wie eben bemerkt wurde. Bei manchen Kometen hat man sogar außer dem an der abgekehrten Seite liegenden Schweife noch einen zweiten bemerkt, welcher der Sonne zugekehrt war.

123. Die vielen Vermuthungen, die man über die Entstehung der Schweife aufgestellt hat, übergehe ich mit Stillschweigen, da sie nicht ausreichen, um die Erscheinungen zu erklären, und beschränke mich auf eine kurze Angabe der Ansicht, welche Bessel aus seinen Beobachtungen über die merkwürdigen Erscheinungen, welche der Halley'sche Komet im Jahre 1835 darbot, abgeleitet hat. Der Komet erschien zuerst als ein blasser Nebel, dessen Helligkeit und Größe nach und nach zunahm, so wie er sich der Sonne und Erde näherte, ohne jedoch eine besondere Eigenthümlichkeit zu zeigen. Den zweiten Oktober zeigte sich der Kern nicht bloß beträchtlich heller, sondern es ging von ihm auch eine sichtbare Ausströmung aus, welche sich nach der Sonne hin kehrte, und zugleich fächerartig ausbreitete. Der den Kern umgebende Nebel erstreckte sich aber weit über die Ausströmung hinaus. Die erste darauf folgende hinlänglich heitere Nacht war am 8. Oktober; die Ausströmung war länger aber schmäler geworden, und ihre Richtung war gegen die Richtung nach der Sonne hin geneigt. In der Nacht vom 12. Oktober war die Ausströmung noch länger und schmäler geworden, der Kern erschien jetzt wie eine brennende Rakete, und während der Nacht änderte sich die Richtung der Ausströmung höchst auffallend. Am nächsten Abend war die Ausströmung verschwunden, man sah aber viel ausgeströmten Stoff, dessen Richtung eine noch größere Neigung als früher gegen die Richtung nach der Sonne hin hatte. Am 14. Oktober zeigte sich die Ausströmung wieder und zwar noch prachtvoller als früher, sie hatte sich aber wieder in die entgegengesetzte Richtung zurückbewegt, so daß sie sich sehr nahe in der Richtung nach der Sonne hin befand. In diesem Sinne hatte die Ausströmung auch noch am folgenden Tage ihre Richtung geändert, so daß diese nun eine beträchtliche Neigung gegen die Richtung nach der Sonne hin hatte. Am 22. Oktober hatte die Ausströmung die Gestalt eines nach beiden Seiten herabwallenden Federbusches, so

daß sie, nachdem sie zuerst zur Sonne hinströmte, umbog und in der entgegengesetzten Richtung floß.

Die genaueren Messungen über die Aenderungen in der Richtung der Ausströmung haben zunächst die höchst merkwürdige, und früher nie beobachtete Thatsache ergeben, daß diese ausströmende Flamme um die nach der Sonne hingerichtete Linie pendelartige Schwingungen gemacht hat, und zwar so, daß sie eine Schwingung in ungefähr 2 Tagen und 7 Stunden vollendete. Das Wesen dieser Ausströmung, so wie die Entstehung der Schweife, erklärt aber Bessel daraus, daß zwischen den Kometen und der Sonne Beziehungen statt finden, ähnlich wie sie bei der Elektricität und dem Magnetismus hervortreten, so daß nämlich manche Theilchen des Kometen nach der Sonne hingetrieben, andere abgestoßen werden. Wo die anziehende Kraft vorherrscht, da strömen die Theilchen nach der Sonne hin, wird aber die abstoßende Kraft thätig, so muß sich die Ausströmung krümmen; wächst die Abstößung, so biegt die Ausströmung um, und bildet, wenn sie sich genugsam nach beiden Seiten ausbreitet, die Doppelschweife, die wieder in einen einzigen Schweif übergehen oder überzugehen scheinen, sobald die beiden Ströme nahe genug an einander liegen. Wo die angezogenen, wie die abgestoßenen Theilchen sich ungehindert fortbewegen können, da entsteht zu gleicher Zeit ein Schweif der der Sonne zugekehrt, und ein anderer, welcher von der Sonne abgekehrt ist.

Die sichtbare Ausdehnung der Schweife ist bei verschiedenen Kometen sehr verschieden und hängt begreiflich nicht bloß von der wahren Größe des Schweifes, sondern auch von der Entfernung des Kometen von der Erde ab; je näher dieser der Erde ist, desto größer muß der Schweif erscheinen. Der Komet von 1680 hatte einen Schweif, der mindestens 80 Grad am Himmel einnahm, er war schmal und gerade, und seine wahre Länge muß über zehn Millionen Meilen betragen haben. Der Schweif des Kometen von 1811 war nach Herschel den 9. September neun bis zehn Grad lang, und wuchs bis zum 6. Oktober bis zu 25 Grad an. Seine Länge stieg nach Herschel bis auf 21 Millionen Meilen und am 12. Oktober, wo er seine größte Breite erreichte, soll diese drei Millionen Meilen betragen haben. Der Schweif des Kometen vom Jahre 1769 entwickelte sich sehr rasch zwischen den letzten

Tagen des August und dem 11. September und erreichte eine Länge von mehr als 90 Grad. Uebrigens hängt die sichtbare Größe des Schweifes sehr von der Güte der Beobachtungswerkzeuge ab, indem lichtstarke Fernrohre noch große Strecken des schwachen Schimmers der Schweife zeigen, welche man in schwächeren Fernrohren nicht mehr sieht. Auch die verschiedene Heiterkeit der Luft hat sehr großen Einfluß, und man darf sich daher nicht wundern, daß verschiedene Beobachter die Länge der Schweife zu einer und derselben Zeit schon oft sehr verschieden geschätzt haben.

124. Ueber die Anzahl der Kometen läßt sich nichts Bestimmtes sagen. So viel scheint jedenfalls gewiß, daß diejenigen, welche von der Erde aus gesehen werden, nur einen kleinen Theil aller vorhandenen ausmachen. Bis jetzt ist noch kein Komet, der sich bis zur Jupiterbahn von uns entfernte, sichtbar geblieben; die meisten konnten nicht einmal bis zur Marsbahn hin verfolgt werden. Alle Kometen, deren Sonnennähe jenseits der Jupitersbahn liegt, werden uns also wahrscheinlich für immer verborgen bleiben. Aber auch von denjenigen, welche uns hinlänglich nahe kommen, muß uns ein großer Theil entgehen, nämlich alle, welche während der kurzen Zeit, wo sie gesehen werden könnten, am Tage über dem Gesichtskreise stehen, da die Kometen, welche auch am Tage sichtbar sind, zu den seltenen Ausnahmen gehören. Bei vielen wird trübes Wetter, Mondschein oder die starke Dämmerung in den Sommermonaten ihre Sichtbarkeit verhindern. Vor Erfindung des Fernrohrs blieb die bei weitem größere Anzahl der teleskopischen Kometen gänzlich unbemerkt, und auch jetzt werden solche nur zufällig gefunden, wenn ein Beobachter gerade sein Fernrohr auf den Punkt des Himmels gerichtet hat, in welchem ein Komet steht. Diejenigen Kometen, welche in unseren Gegenden nicht über den Gesichtskreis heraufkommen, wird man zwar in südlicheren Ländern sehen können, indessen sind erst in der neuesten Zeit außerhalb Europa's Sternwarten in geregelte Thätigkeit gekommen. Trotz aller dieser Umstände hat man über mehrere hundert Kometen glaubhafte Nachrichten, und man darf hieraus mit Recht den Schluß ziehen, daß ihre wahre Anzahl viele tausende beträgt. Gegenwärtig rechnet man, daß durchschnittlich jährlich ein bis zwei Kometen entdeckt werden. Herr Galle in Berlin hat so-

gar schon in drei Monaten drei Kometen gefunden* und es leidet keinen Zweifel, daß bei der erfreulichen Aufmerksamkeit, welche die Astronomen jetzt diesen räthselhaften Körpern widmen, ihre bekannte Anzahl beträchtlich anwachsen wird.

Da wir die Beschaffenheit der Bahn nur bei wenig Kometen kennen, von den meisten nicht einmal ihr Vorhandenseyn wissen, so kann man sich nicht wundern, wenn einmal plötzlich ein großer Komet erscheint, von dessen Annäherung die Astronomen nichts wußten. Ihnen hieraus einen Vorwurf machen, als seien sie nicht aufmerksam genug gewesen, kann nur der, welchem das Sachverhältniß gänzlich unbekannt ist. Vielleicht erinnern sich noch manche Leser der Spöttereien, welche sich Pariser Zeitungsschreiber darüber erlaubten, daß das Volk auf den Straßen den Schweif des Kometen von 1843 früher gesehen hätte, als die Beobachter auf der dortigen Sternwarte; die Herren schienen nicht zu ahnen, daß sie sich über ihre eigene Unwissenheit lustig machten.

125. Die Einsicht, daß die Kometen Körper sind, welche sich, eben so wie die Planeten, nach bestimmten Gesetzen um die Sonne bewegen, mußte den lang gehegten Aberglauben, daß sie die Vorboten großer Ereignisse seien, bald genug verscheuchen. Aber die Furcht vor diesen Zeichen des göttlichen Zornes war noch nicht ganz verschwunden, als man schon anfing, die Kometen aus einem ganz anderen Grunde mit bangen Augen zu betrachten. Man gerieth nämlich auf den Gedanken, daß ein Komet sich der Erde sehr nähern oder gar mit ihr zusammenstoßen könnte, und daß aus einer solchen unerwarteten Begegnung höchst bedenkliche Folgen für die Erde entspringen möchten. Bei den Planeten hatte man ein solches Zusammentreffen nie gefürchtet, weil man wußte, daß ihre Bahnen durch weite Zwischenräume getrennt sind. Bei den Kometen dagegen, welche die verschiedensten uns ganz unbekannte Bahnen beschreiben können, und zum Theil innerhalb der Bahn der Erde oder eines anderen Planeten eindringen, ist allerdings das Zusammentreffen mit einem Planeten sehr denkbar. Zerstörende Folgen würde ein solches Zusammentreffen nur dann nach sich ziehen können, wenn der

---

* Den ersten am 2. Dezember 1839, den zweiten am 25. Januar 1840, den dritten am 6. März 1840.

Komet einen festen Kern hätte. Träfe ein Komet, der einen großen festen Kern hätte, mit der Erde zusammen, so könnte er freilich die ganze Erde zertrümmern. Wäre aber der Kern auch nur einige Meilen groß, so würde wohl er aber nicht die Erde zertrümmert, indessen würde dieß nicht verhindern, daß er nicht meilentief in die Erde hinein schlüge und große Landstrecken zerstörte. Zugleich könnte sich die Drehungsachse der Erde ändern, was früher Polargegend war, könnte zur heißen Zone werden und umgekehrt, die wüsten Steppen Sibiriens würden sich dann in blühende Gefilde verwandeln, während die Pracht der gegenwärtigen Aequatorialgegenden dem ewigen Eise weichen müßten. Das Meer würde unter solchen Umständen aus seinem alten Bette geschleudert werden, nothwendig nach dem neuen Aequator hinströmen und auf seinem Wege alles verschlingend eine neue Sündfluth erzeugen. Auch die Umdrehungszeit könnte sich ändern, und der Tag vielleicht um mehrere Stunden länger oder kürzer werden.

Viele Schriftsteller haben nicht versäumt, dieß alles mit den schwärzesten Farben auszumalen, und dadurch manchen harmlosen Erdbewohner in Angst und Schrecken versetzt. Unsere sämmtlichen bisherigen Erfahrungen deuten jedoch darauf hin, daß die Kometen über alle Begriffe lockere Massen sind, bei welchen von einem Stoße gar keine Rede seyn kann. Hätten sie eine nur irgend erhebliche Masse, so müßten sie merkliche Störungen in der Bewegung der Planeten hervorbringen, aber noch nie hat sich die geringste Spur hiervon gezeigt, selbst wenn sie einem Planeten sehr nahe kamen. Der früher (§. 117) erwähnte Komet von 1770 z. B. ging zwischen den Trabanten des Jupiter durch, ohne daß deren Bewegung die geringste Störung erlitten hätte. Bei der Erde ging dieser Komet so nahe vorbei, daß er nur sieben mal weiter als der Mond von ihr entfernt blieb. Hätte seine Masse auch nur den 5000ten Theil der Erdmasse betragen, so würde er die Länge unseres Jahres um zwei Sekunden geändert haben, während die genauesten Beobachtungen keine Aenderung dieser Art ergeben haben.

Ziemlich verbreitet ist der Glaube, daß die Jahre, in welchen große Kometen erscheinen, auch sehr heiße Sommer haben, und man hat daraus den Schluß gezogen, daß die starke Annäherung eines solchen Kometen an der Erde eine unge-

heuere verderbliche Hitze hervorbringen könnte. Indessen ist diese Annahme eine ganz grundlose, und es läßt sich nicht mit dem geringsten Grade von Wahrscheinlichkeit behaupten, daß die Kometen irgend einen Einfluß auf die Wärmeverhältnisse der Erde hätten.

In den Jahren 1811 und 1819 z. B. war der Sommer in Deutschland freilich sehr heiß, in anderen Ländern aber gemäßigt oder kalt, während er nothwendig, wenn die Kometen einen solchen Einfluß hätten, auf der ganzen Erde ein sehr heißer hätte seyn müssen. Der Komet von 1680, einer der glänzendsten, die man in den letzten Jahrhunderten gesehen hat, und der noch außerdem der Erde sehr nahe kam, war von einem strengen Winter und einem heißen Sommer begleitet. Brachte hier der Komet die Kälte oder die Wärme?

Man hat es auch nicht versäumt, das Zusammentreffen der Kometenschweife mit der Erde als sehr gefährlich darzustellen, und in der Vermischung derselben mit unserer Luft, den Grund der Pest, Cholera und anderer verheerenden Krankheiten zu suchen. Da diese Schweife oft eine ungeheuere Ausdehnung haben, so ist allerdings ein Zusammentreffen derselben mit der Erde viel wahrscheinlicher als der Stoß eines Kometen, und die Erde ist sogar höchst wahrscheinlich wirklich durch den Schweif des Kometen von 1819 gegangen. Indessen hat man damals nicht die geringste Aenderung der Luft verspürt, und es ist auch nicht wohl einzusehen, wie der feine Stoff der Kometenschweife, welcher, bei einer Dicke von Millionen Meilen, noch das Licht der kleinsten Sterne ungeschwächt durchläßt, im Stande seyn sollte, in unsere Luft einzudringen.

Siebzehntes Hauptstück.

126. Zum Abschluß unserer Untersuchungen über das Sonnensystem habe ich noch einen wichtigen Punkt zu besprechen, nämlich die Masse der einzelnen Körper dieses Systems. Die hierauf bezüglichen Betrachtungen gehören zu den tiefsten, welche in der Sternkunde vorkommen und erfordern, bei einer streng wissenschaftlichen Behandlung, eine genaue Kenntniß der schwierigsten mathematischen Lehren. Indessen ist es auch ohne diese Hülfsmittel möglich, eine allgemeine Vorstellung von der

Art und Weise zu geben, wie solche Untersuchungen geführt werden müssen. Der Grund dazu ist schon im zehnten Hauptstück gelegt worden, und der Leser wird wohl thun, dieses erst noch einmal aufmerksam durch zu gehen. Aus der dortigen Darstellung ergibt sich, daß der Begriff Masse zuerst durch Newton in die Sternkunde eingeführt worden ist, während er den früheren Naturforschern gänzlich unbekannt war. Die Masse eines Körpers ist die Summe aller seiner materiellen Theilchen, d. h. die Gesammtheit seines eine Anziehung bewirkenden Stoffes (S. 166). Je größer die Masse eines Körpers ist, desto stärker zieht er, bei demselben Abstande, einen anderen an, und wir haben gesehen, daß die Bewegungen im Sonnensysteme wesentlich durch die Masse der einzelnen Körper desselben bedingt sind. So hat sich z. B. ergeben, daß sich bloß deßwegen die Erde um die Sonne bewegt, weil die Sonnenmasse viel bedeutender als die Erdmasse ist, und daß aus ähnlichem Grunde auch alle übrigen Planeten sich um die Sonne bewegen (S. 168); daß sich der Mond um die Erde bewegt, weil die Erdmasse größer als die Mondmasse ist; und aus ähnlichen Gründen, können wir hinzu setzen, müssen sich auch die Monde der anderen Planeten um diese bewegen. Es wird also zu einer wesentlichen Ergänzung unserer Kenntniß des Sonnensystems führen, wenn wir zu erfahren suchen, wie sich die Massen der einzelnen Körper dieses Systems zu einander verhalten. Um die Größe der Massen auszudrücken, werden wir uns irgend einen Maßstab wählen müssen, d. h. wir werden irgend eine Masse als Einheit nehmen müssen um die übrigen mit ihr zu vergleichen. Nehmen wir als solche vorläufig die Sonne, fragen wir also, in welchem Verhältnisse die Masse der übrigen Körper des Sonnensystems zur Sonnenmasse steht.

127. Am einfachsten beantwortet sich diese Frage bei den Planeten, welche von Trabanten begleitet werden. Wollen wir z. B. das Verhältniß der Erdmasse zur Sonnenmasse erfahren, so können wir auf folgende Weise zu Werk gehen. Wir haben schon früher gesehen, wie man den Raum berechnen kann, durch welchen der Mond in einer Sekunde zur Erde hin gezogen wird (S. 164); bezeichnen wir die Länge dieses Raumes durch l. Da wir auch die Bahn der Erde um die Sonne kennen, so können wir auf dieselbe Weise be-

rechnen, durch welchen Raum die Erde in einer Sekunde zur Sonne hingezogen wird, die Länge dieses Raumes heiße L. Nun denke man sich, der Mond würde so weit von der Erde entfernt, als sie von der Sonne entfernt ist, so würde die Anziehungskraft, welche sie auf den Mond ausübt, schwächer werden, und zwar im Verhältniß des Quadrates der Entfernung. Nehmen wir also, in runden Zahlen, die Entfernung der Erde von der Sonne 400 mal so groß als ihre Entfernung vom Monde, so würde die Anziehung, welche die Erde nun auf den Mond ausübt, 400 mal 400 oder 160000 mal schwächer geworden seyn, und der Raum, durch welchen nun der Mond in einer Sekunde zur Erde hingezogen wird, nur den 160000ten Theil von l betragen. Da nun die Anziehung, bei gleicher Entfernung des anziehenden Körpers vom angezogenen, mit der Masse des anziehenden Körpers zunimmt, und die Sonne die Erde in derselben Zeit durch den Raum L zieht, in welcher die Erde, aus derselben Entfernung, den Mond durch den 160000ten Theil von l ziehen würde, so folgt, daß die Sonnenmasse so viel mal die Erdmasse übertrifft, als L den 160000ten Theil von l. Aus der bekannten Größe von L und l hat man auf diese Weise gefunden, daß die Sonne, in runden Zahlen, 346000 mal so viel Masse enthält als die Erde.

Begreiflich kann man dasselbe Verfahren bei allen von Monden umgebenen Planeten anwenden, also bei Jupiter, Saturn und Uranus; nur muß die Bahn der Monde hinlänglich bekannt seyn, was bei Letzterem noch nicht der Fall ist, weswegen auch seine Masse nicht so genau bestimmt ist. Es giebt aber noch ein anderes Mittel die Masse zu finden, welches zwar schwieriger, jedoch auch auf diejenigen Planeten anwendbar ist, welche keinen Trabanten haben — dieß bieten die Störungen dar (S. 173). Denn dort haben wir gesehen, daß jeder Planet einen Einfluß auf die Bahn des anderen ausübt, welche von seiner Masse abhängt. Man muß daher auch umgekehrt aus diesem bekannten Einflusse die Masse des Planeten berechnen können. Ist diese, und daher auch die Störungen, die sie bewirkt, klein, wie z. B. bei Merkur, so wird sie auch nicht so genau bestimmt werden können, als wenn sie beträchtlich ist. Neuerdings hat jedoch Encke die sehr merklichen Störungen, welche Merkur in der Bewegung

des Encke'schen Kometen (§. 119), der ihm sehr nahe gekommen war, verursacht hat, mit Glück benutzt, um die Masse dieses Planeten genauer, als sie früher bekannt war, zu bestimmen.

Die Masse der vier kleinen Planeten, Ceres, Pallas, Juno und Vesta, die keine merkliche Störung hervorbringen, sind noch ganz unbekannt.

Auch die Masse der Trabanten kann man aus den Störungen finden, welche sie in der Bahn ihres Hauptplaneten verursachen. Bis jetzt hat man jedoch erst die Masse des Mondes und der Jupitertrabanten auf diesem Wege bestimmt.

Aus solchen Betrachtungen hat man folgende Zahlen gefunden. Die Sonnenmasse ist ungefähr

4860000	mal so groß als die Masse	des Merkur
400000	" " " " " "	der Venus
346000	" " " " " "	" Erde
2700000	" " " " " "	des Mars
1048	" " " " " "	" Jupiter
3500	" " " " " "	" Saturn
24000	" " " " " "	" Uranus.

Die Erde hat fast 88 mal so viel Masse als der Mond (S. 168.) Der Jupiter hat ungefähr

58000	mal so viel Masse als	sein 1ter Trabant
43000	" " " " " "	2ter "
11000	" " " " " "	3ter "
23000	" " " " " "	4ter "

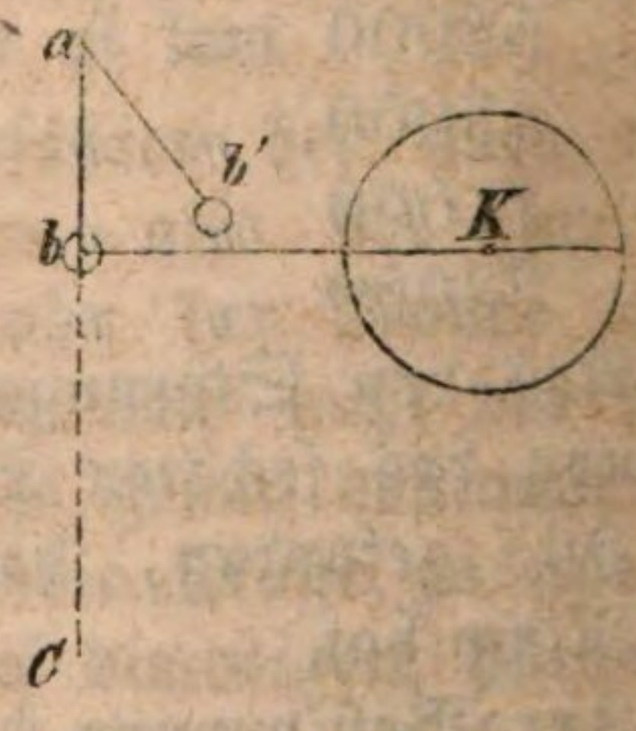
Aus den Störungen, welche der Saturnsring in der Bewegung des sechsten Saturnstrabanten hervorbringt, hat Bessel (§. 90) gefunden, daß Saturn 118 mal so viel Masse als der Ring hat.

Zur Bestimmung der Masse eines Kometen ist bis jetzt nicht die mindeste Aussicht vorhanden, da diese Körper durchaus keine merkbare anziehende Kraft äußern (§. 125).

128. Im Vorhergehenden wurde die Masse der Planeten mit der viel größeren Sonnenmasse verglichen. Da wir aber die Größe der letzteren nicht kennen, so erhalten wir hierdurch noch immer keine recht klare Vorstellung von der Größe dieser Massen. Vielmehr müßten wir im Stande seyn, diese Massen mit der Masse eines uns bekannten Körpers auf der Erde zu vergleichen. Würde es uns z. B. gelingen, das

Verhältniß der Masse des Erdsphäroids (§. 83) zur Masse eines eben so großen aber ganz aus reinem Wasser bestehenden Sphäroids zu finden, so würden wir hierdurch eine deutlichere Vorstellung von der Erdmasse, somit auch von der Masse der Sonne und der übrigen Planeten erhalten. Dieß können wir aber wirklich durch ein Verfahren leisten, dessen Grundgedanke in Folgendem besteht.

Ein sich selbst überlassenes Pendel stellt sich in die vertikale Richtung, d. h. in die Richtung, die nach dem Mittelpunkte der Erde hingeht (§. 87), und zwar wird das Pendel genau ebenso angezogen, als ob die ganze Masse der Erde in deren Mittelpunkt vereinigt wäre (S. 167). Dies leiteten wir (S. 153) aus der Vorstellung ab, daß die anziehenden Theile gleichmäßig in der Erde vertheilt sind. Man denke sich nun, diese Gleichmäßigkeit würde auf irgend eine Weise gestört, die Anziehung, welche die einzelnen Theile der Erde auf das Pendel ausüben, sei nicht mehr nach allen Seiten dieselbe, so muß sich auch die Richtung des Pendels ändern, es muß sich mehr nach derjenigen Seite hin neigen, auf welcher die Anziehung am stärksten ist. Eine solche Störung kann man aber auf folgende Weise hervorbringen: Man denke sich, ab sei ein Pendel, welches im Punkte a aufgehängt ist, C der Mittelpunkt der Erde; das Pendel wird also nach diesem Punkte hin gerichtet seyn, d. h. die Linie ab wird die vertikale Richtung angeben. Nun bringe man auf die eine Seite des Pendels eine Bleikugel K, deren Gewicht bekannt ist. So lange diese Kugel noch weit vom Pendel entfernt ist, wird sie keine merkliche Aenderung in dessen Richtung hervorbringen, weil ihre Masse gegen die in C wirkende Gesammtmasse der Erde zu unbedeutend ist. Da aber die Anziehung nicht bloß von der Größe der Masse, sondern auch von der Entfernung abhängt, so kann die Bleikugel, wiewohl ihre Masse viel kleiner als die Erdmasse ist, dennoch der Anziehung, welche letztere auf das Pendel ausübt, sehr merklich entgegenarbeiten, sobald sie dem Pendel sehr nahe gebracht wird. Nehmen wir an, daß der Punkt C 860 Meilen oder in runden Zah-



len 20 Millionen Fuß von dem Pendel entfernt ist, die Kugel dagegen, d. h. ihr Mittelpunkt, nur einen Fuß vom Pendel absteht, so ist die Anziehung der Letzteren 20 Millionen mal 20 Millionen, oder 400 Billionen, mal größer, als wenn sie sich in C befände [da die Anziehung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt (S. 166)], d. h. die Kugel zieht das Pendel so stark an, wie 400 Billionen eben so große Kugeln, die sich in C befänden. Man sieht hieraus die Möglichkeit, daß auch eine kleine Masse das Pendel merklich aus seiner vertikalen Lage heraus bringen kann. Man denke sich daher, die Anziehung der Kugel K sei so stark, daß sie, in der bekannten Entfernung bK, das Pendel in die Richtung ab' bringt, so kann man diese Aenderung seiner ursprünglichen Richtung, d. h. den Winkel, welchen die Linien ab und ab' einschließen, messen. Je größer die Masse der Kugel im Verhältniß zur Erdmasse ist, desto größer wird dieser Winkel seyn, und umgekehrt kann man also auch aus dem bekannten Winkel das Verhältniß der Masse dieser Kugel zur Erdmasse berechnen. Da man nun schon die Masse der Kugel, oder, was dasselbe sagt, ihr Gewicht kennt, so findet man auch die Masse der Erde.

Solche Versuche hat zuerst ein englischer Naturforscher, Cavendish, angestellt, später sind sie von anderen, namentlich vom Herrn Professor Reich (S. 120) mit großer Sorgfalt wiederholt worden, und es hat sich daraus ergeben, daß die Erde ungefähr $5^1/_2$ mal so viel Masse hat (also $5^1/_2$ Mal so schwer ist) als ein eben so großes Sphäroid aus reinem Wasser. Rechnet man das Gewicht eines Kubikfuß Wasser zu 70 Pfund, so ergiebt sich hieraus, daß die Erde ungefähr 13 Quadrillionen Pfund schwer ist.

Aus dem bekannten Gewichte der Erde kann man alsdann, nach den im vorhergehenden Paragraphen gegebenen Verhältnissen, auch das Gewicht der Sonne und der übrigen Planeten ableiten. So ist es dem menschlichen Geiste gelungen, nicht bloß die Entfernungen jener unerreichbaren Körper zu finden, sondern sie auch gleichsam auf die Wagschaale zu legen und abzuwägen.

129. Früher wurde bemerkt, daß die Sonne mehr als 1400000 Kugeln von der Größe der Erdkugel enthält (§. 76). Wäre mithin die Sonnenmasse eben so zusammen-

gesetzt wie die Erdmasse, so müßte erstere auch 1400000 mal so groß als letztere seyn, in Wahrheit ist sie aber nur 346000 mal so groß. Hieraus folgt, daß die Sonnenmasse, durchschnittlich genommen, lockerer ist als die Erdmasse, d. h. daß auf der Sonne in demselben Raume weniger Masse enthalten ist als auf der Erde, und zwar in dem Verhältnisse von 1400000 zu 346000 oder fast von vier zu eins. Man sagt daher: die Dichtigkeit der Sonne beträgt ungefähr $^1/_4$ von der Dichtigkeit der Erde.

Auf ähnliche Weise findet man, daß die Dichtigkeit des Merkur etwas größer, die der Venus und des Mars etwas geringer als die der Erde ist, während die Dichtigkeit des Jupiter weniger als ein Viertel, die des Saturn ungefähr ein Siebentel, die des Uranus über ein Sechstel der Dichtigkeit der Erde beträgt. Der Mond ist etwas mehr als halb so dicht wie die Erde.

130. Aus der bekannten Größe und Masse eines Planeten (oder Trabanten) läßt sich auch noch berechnen, wie sich die Stärke der Anziehung, welche er auf einen an seiner Oberfläche befindlichen Körper ausübt, zur Stärke der Anziehung verhält, mit welcher die Erde einen an ihrer Oberfläche befindlichen Körper anzieht. Da aber das Gewicht eines Körpers nur eine Folge der auf ihn ausgeübten Anziehung ist, so heißt das: man kann berechnen, wie sich das Gewicht eines Körpers ändern würde, wenn man ihn von der Erde nach der Sonne oder nach einem anderen Planeten brächte. Bei schärferer Berechnung muß noch auf den Unterschied Rücksicht genommen werden, welchen die verschiedene Centrifugalkraft an verschiedenen Punkten verursacht, auch darf die Abplattung, wenn sie bedeutend ist, nicht unbeachtet bleiben (§. 86, 87). Sehen wir jedoch bei unserer Darstellung von diesen Nebenumständen ab, und betrachten wir einmal zunächst die Sonne! Ihre Masse ist, wie wir gefunden haben, 346000 mal so groß als die Masse der Erde; wäre nun ihr Durchmesser dem Durchmesser der Erde gleich, so daß ein an ihrer Oberfläche befindlicher Körper eben so weit von ihrem Mittelpunkte [in welchem wir uns ihre Masse vereinigt denken können (S. 167)] entfernt wäre, als ein Körper, der an der Oberfläche der Erde fällt, von deren Mittelpunkt, so werde sie ihn 346000 mal stärker anziehen, als wenn er sich

an der Oberfläche der Erde befände. Da aber ihr Durchmesser, in runden Zahlen, 112 mal so groß als der Durchmesser der Erde ist (§. 76), also ein Körper an ihrer Oberfläche 112 mal weiter von ihrem Mittelpunkte absteht, als ein anderer, der an der Oberfläche der Erde steht, von deren Mittelpunkte, und die Anziehung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so wird die Anziehung an der Oberfläche der Sonne 112.112 oder 12544 mal geringer seyn, als die eben angegebene, sie wird also nur $^{3}\frac{4}{1}\frac{6}{2}\frac{0}{5}\frac{0}{4}\frac{0}{4}$ oder fast 28 mal stärker seyn, als an der Oberfläche der Erde, d. h. ein Körper wird an der Oberfläche der Sonne fast 28 mal so viel Gewicht haben, als wenn er sich an der Oberfläche der Erde befände. Man sagt daher, die Schwere sei an der Oberfläche der Sonne fast 28 mal größer als an der Oberfläche der Erde. Auf ähnliche Weise berechnet man, daß die Schwere an der Oberfläche des Mars nur etwa halb so viel, an der Oberfläche der Venus ungefähr eben so viel, an der des Merkur nur $^{3}/_{5}$ mal so viel als an der Oberfläche der Erde beträgt u. s. w. Auf dem Monde ist die Schwere $6\,^{3}/_{5}$ mal geringer als auf der Erde. Ein Körper, der auf der Erde nur vier Pfund schwer ist, wird also auf der Sonne 28 mal mehr, oder 112 Pfund schwer seyn; was bei uns ein Kind heben kann, wird dort die Kraft eines starken Mannes erfordern; mit derselben Kraft, mit welcher ein Mensch auf der Erde einen Fuß hoch springt, wird er sich auf der Sonne noch nicht einen halben Zoll hoch erheben können; wir würden also dort kaum im Stande seyn, unseren Fuß zu heben, oder, wenn wir auf dem Boden lägen, uns aufzurichten. Was dagegen bei uns 66 Pfund schwer ist, hat auf dem Monde nur ein Gewicht von zehn Pfunden, ein Mensch würde also dort fast 7 Centner heben können, wenn er bei uns nur einen Centner zu heben im Stande ist; kann man bei uns ohne Gefahr 5 Fuß hoch herabspringen, so wird man dort, unter denselben Umständen, 33 Fuß hoch herabspringen können u. s. w. Solche Betrachtungen dienen dazu, uns in der Ansicht zu bestärken, daß lebende Wesen, die sich etwa auf dem Monde befinden, ganz anders gebaut seyn, und daher auch ganz andere Bedürfnisse haben werden als die Bewohner unser Erde (§. 93).

Zum Abschluß will ich noch die Fallgeschwindigkeit auf der Sonne und den Planeten, d. h. den Raum, welchen

sie in der ersten Sekunde ihres Falles durchlaufen, hierher setzen. Auf der Erde läßt sie sich unmittelbar durch Beobachtung finden, und wir haben sie früher zu 15 Fuß angenommen (S. 163). Daraus würde sich nach dem Vorhergehenden ergeben, daß sie z. B. auf der Sonne 28 mal so groß, also 420 Fuß ist u. s. w. Bei genauerer Bestimmung findet man folgende Zahlen; die Fallgeschwindigkeit beträgt ungefähr:

	auf der Sonne	428	Fuß
"	Merkur	$8^3/_4$	"
"	Venus	$13^1/_2$	"
"	der Erde	$15^1/_{10}$	"
"	Mars	$7^1/_2$	"
"	Jupiter	42	" an den Polen
		$32^3/_4$	" am Aequator
"	Saturn	20	" an den Polen
		$11^1/_2$	" am Aequator
"	Uranus	$11^1/_2$	"
"	unserem Monde	$2^3/_{10}$	"

Achtzehntes Hauptstück.

131. Nachdem ich nun Alles, was mir über das Sonnensystem mittheilenswerth schien, erschöpft habe, kehre ich wieder zu der Betrachtung der Fixsterne zurück, die wir in den letzten Abschnitten gänzlich aus den Augen verloren haben. Bisher haben sie uns so zu sagen nur als Meilenzeiger gedient; weil wir sie als unverrückbare Gegenstände am Himmel betrachteten, konnten wir sie dazu benutzen, den Lauf der Planeten an ihnen abzumessen (§. 38). Auch hatten wir uns wiederholt überzeugt, daß sie durch sehr große Zwischenräume von der Erde und dem ganzen Sonnensysteme getrennt sind (§. 14, 44). Dieß war auch fast Alles, was man von ihnen bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zu sagen wußte. Seit jener Zeit aber sind mancherlei Entdeckungen gemacht worden, welche uns in der Kenntniß der Beschaffenheit dieser Körper viel weiter gebracht haben, die uns aber auch andererseits die Ueberzeugung aufdrängen, daß wir hier erst die äußerste Schwelle eines ganz neuen Theils der Sternkunde betreten haben.

Da ich im Folgenden häufig von einzelnen Fixsternen zu reden habe, so muß ich zunächst angeben, welche Mittel man anwendet, um sie einzeln zu bezeichnen. Das Natürlichste besteht wohl darin, daß man zuerst, um eine Uebersicht zu erlangen, die vielen Sterne in Gruppen theilt, jede solche Gruppe mit einem Namen bezeichnet, außerdem aber auch noch einzelne besonders augenfällige Sterne mit eigenen Namen belegt. Solche Namen für Sterngruppen, wie für einzelne Sterne finden sich daher auch bei den verschiedensten Völkern, in der Bibel wie bei den Chinesen, bei den Griechen und bei den Peruanern. Da weder die Gruppen noch die Namen dieselben sind, so folgt hieraus, daß sie nicht aus einer Quelle geflossen, sondern vielmehr verschiedene Völker unabhängig von einander auf dieses einfache Unterscheidungsmittel gefallen sind. Die Sterngruppen und Sternnamen, welche bei uns eingeführt sind, verdanken wir zunächst den Griechen, welche sie höchst wahrscheinlich, wenigstens zum Theil, wieder von anderen Völkern entlehnt haben, vielleicht von den Chaldäern oder von den Egyptern. Viele haben eine deutliche Beziehung auf griechische Sagen, die aber selbst wieder nach dem Morgenlande hindeuten, wie die nebeneinander stehenden Sterngruppen Cepheus, Cassiopea, Andromeda, Perseus; einzelne dagegen, wie z. B. die Sterngruppe, welche jetzt Herkules genannt wird, aber eigentlich einen knienden Mann vorstellt, wußten die Griechen selbst nicht auf ihren Sagenkreis zurückzuführen, was am Besten auf den fremden Ursprung hinweist. Nur in den seltneren Fällen entspricht die Gestalt der Sterngruppe ihrem Namen, wie z. B. beim Triangel (Dreieck), bei der Krone, bei dem Wagen (großen Bären); meistens erscheint uns die Wahl der Namen höchst sonderbar. Wohl erst viel später fing man an, diese Namen auch durch Zeichnungen zu versinnlichen, so daß man z. B. die Sterngruppe, welche Löwe genannt wurde, auch als einen Löwen zeichnete, und die dazu gehörenden Sterne auf dessen verschiedene Glieder vertheilte. So gingen die Sterngruppen in Sternbilder über. Andere Völker dagegen, wie z. B. die Chinesen, haben dieß nie gethan.

Man vermuthet mit großer Wahrscheinlichkeit, daß namentlich die Benennungen der 12 Gruppen des Thierkreises, welchen die Sonne im Laufe des Jahres durchwandert (§. 32),

aus dem Morgenlande stammen, und auf die Naturverhältnisse der einzelnen Monate deuten. Die als Schnitterin dargestellte Jungfrau soll den Erntemonat bezeichnen, der Wassermann die Ueberschwemmung des Nils oder die Regenzeit der heißen Länder, die Fische den darauf folgenden Fischfang u. s. w. Doch ist gewiß, daß die Waage erst spät bei den Griechen eingeführt worden ist, während früher der Raum, welchen sie einnimmt, durch die Scheeren des Skorpions ausgefüllt wurde.

Das älteste uns bekannte Sternverzeichniß, welches Hipparch entworfen hat (S. 106), enthält 1122 Sterne, die unter 48 Sternbildern vertheilt sind. Außer den 12 Sternbildern des Thierkreises kommen nämlich in demselben noch 21 Sternbilder vor, die zwischen dem Nordpol und dem Thierkreise stehen, und 15 zwischen dem Thierkreise und dem Südpole.

Die nördlichen Sternbilder heißen:

1) Der große Bär. 2) Der kleine Bär. 3) Der nördliche Drache. 4) Cepheus. 5) Cassiopea. 6) Andromeda. 7) Perseus mit dem Medusenhaupte. 8) Pegasus. 9) Das kleine Pferd. 10) Der nördliche Triangel. 11) Der Fuhrmann. 12) Bootes. 13) Die nördliche Krone. 14) Der Schlangenträger (Ophiuchus). 15) Die Schlange. 16) Der Herkules. 17) Der Adler. 18) Der Pfeil. 19) Die Leier. 20) Der Schwan. 21) Der Delphin.

Die südlichen Sternbilder heißen:

1) Orion. 2) Der Wallfisch. 3) Der Eridanus (Fluß). 4) Der Hase. 5) Der kleine Hund. 6) Der große Hund. 7) Die Wasserschlange. 8) Der Becher. 9) Der Rabe. 10) Der Centaur. 11) Der Wolf. 12) Der Altar. 13) Der südliche Fisch. 14) Das Schiff Argo. 15) Die südliche Krone.

Hierzu kamen später noch zwei nördliche Sternbilder, Antinous und das Haupthaar der Berenice, welche erst, seitdem Tycho Brahe (S. 45) sie in seinem 1572 herausgegebenen Sternverzeichnisse aufführte, allgemein anerkannt wurden.

Als im 16ten Jahrhundert die Schifffahrt sich bis zum Aequator und darüber hinaus erstreckte, erblickte man viele Sterne, die den Alten ganz unbekannt geblieben waren, weil sie in nördlichen Ländern nie über den Horizont kommen (S. 16).

Aus diesen Sternen stellten die Seefahrer 12 neue Sternbilder zusammen, welche zuerst der deutsche Astronom Bayer, in seinen 1603 erschienenen Sternkarten, den früheren Sternbildern hinzugefügt hat. Sie heißen:

1) Der Indianer. 2) Der Kranich. 3) Der Phönix. 4) Die Biene. 5) Der südliche Triangel. 6) Der Paradiesvogel. 7) Der Pfau. 8) Der Toucan. 9) Die kleine Wasserschlange. 10) Der Schwerdtfisch. 11) Der fliegende Fisch. 12) Das Chamäleon.

Zwischen den Sternbildern des Hipparch waren noch große Räume am Himmel leer geblieben, in welchen viele kleine und auch manche sehr kenntliche Sterne stehen. Aus diesen setzten neuere Astronomen noch den Camelopard, das Einhorn, die Fliege, den Hahn und die Flüsse Jordan und Tiger oder Euphrat zusammen. Damit waren nun die leeren Räume hinlänglich ausgefüllt. Als aber Hevel (§. 94) mit unglaublicher Mühe sein Sternverzeichniß ausarbeitete, ärgerte es ihn, daß Leute, welche den Ort keines einzigen Sterns durch eigene Beobachtung bestimmt hatten, sich dennoch angemaßt hatten, neue Sternbilder einzuführen. Den Camelopard, das Einhorn und die Fliege behielt er zwar, wenn auch mit Widerwillen, bei, verwarf dagegen die Flüsse, und setzte anstatt ihrer und in einige andern Stellen, die ihm noch zu leer schienen, die Jagdhunde, den Berg Mänalus, den Cerberus, den Fuchs mit der Gans, die Eidechse, das Sobieskische Schild, den Luchs, den kleinen Löwen, den Sextanten und das kleine Dreieck; außerdem gab er noch dem Antinous Pfeil und Bogen in die Hände. Diese Sternbilder haben allgemeine Aufnahme gefunden.

Von den übrigen Sternbildern, welche man im 17ten Jahrhundert einzuführen versuchte, haben sich nur zwei erhalten, die Karlseiche, welche Halley (§. 18) aus südlichen Sternen zusammensetzte, und der Brandenburgische Scepter, welchen der deutsche Astronom Kirch einführte.

An diesen Sternbildern hatte man schon mehr als genug, und man kann daher einigen Astronomen des 18ten Jahrhunderts nur schlechten Dank wissen, daß sie uns noch eine weitere Anzahl aufgebürdet haben.

Am weitesten ging hierin der sonst sehr verdiente franzö-

fische Astronom Lacaille, welcher zwischen den Jahren 1751 und 1754 auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung beobachtete, und bei dieser Gelegenheit nicht weniger als vierzehn neue Sternbilder einführte. Dabei sind diese Bilder noch außerdem höchst unpassend gewählt, und so geschmacklos, daß sie fast nur dazu dienen, unsere Sternkarten zu verunstalten. Wie sonderbar nehmen sich neben den riesigen Gestalten des Orion, Perseus, Bortes u. s. w. Dinge aus, wie der chemische Ofen, die Luftpumpe, das Lineal, der Zirkel u. s. w. Dasselbe gilt von einigen anderen ähnlichen Versuchen, die Bode, Lalande und Andere gemacht haben.*

Gewiß mit Recht hat daher Olbers (§. 114) die Astronomen aufgefordert, den Sternhimmel wieder von diesen unnützen Ueberladungen zu befreien, und alle Sternbilder auszumerzen, die man seit Hevels Zeit eingeführt oder einzuführen versucht hatte.

Sehr zu bedauern ist, daß man bei Einführung der Sternbilder nie darauf Rücksicht genommen hat, sie so zu wählen, daß sie bequem zu erlernen und leicht dem Gedächtnisse einzuprägen sind. Es sind nicht einmal immer nahe zusammenstehende Sterne zu einem Sternbilde vereinigt, vielmehr zieht sich zuweilen durch mehrere Sternbilder ein anderes auf verwickelte Weise hindurch, wie z. B. der Drache und der Eridanus. Daß die Namen mit der Gestalt der Sterngruppen selten übereinstimmen, habe ich schon früher erwähnt.

132. Die augenfälligsten Sterne führen Namen, die theils griechisch, wie z. B. Procyon, theils lateinisch wie Spica, Regulus, meistens arabisch, in der Regel aber sehr entstellt, sind, wie Deneb, Vega (heißt eigentlich waki'), Beteigeuze (heißt jed el-dschauza). Da man es indessen unausführbar fand, jeden einzelnen unter der großen Anzahl Sterne einen besonderen Namen zu geben, so fing man später an, die Sterne eines jeden Sternbildes mit griechischen

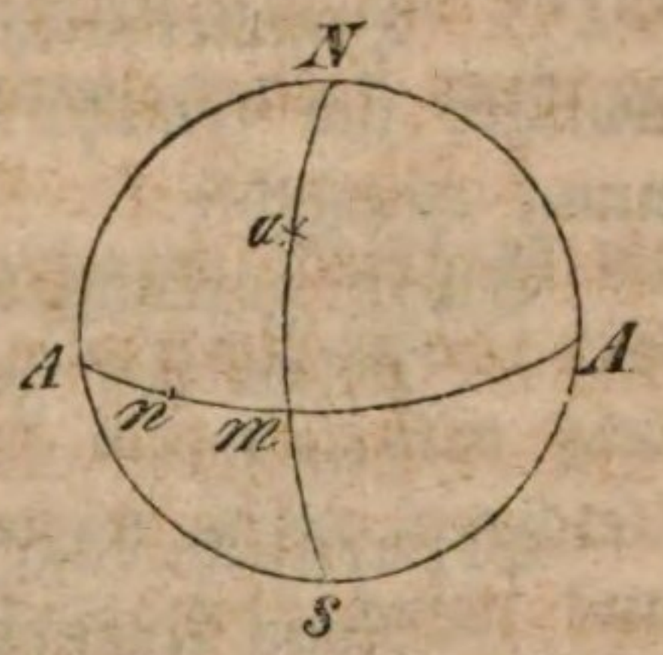
---

* Bode setzte aus Sternen der Andromeda, zum Andenken an Friedrich den Großen, die Friedrichsehre zusammen, Lalande, aus ein Paar kleinen Sternen am Nordpol, den Erndtehüter (auf französisch messier, der Name eines ihm befreundeten Astronomen). Darüber wurde ein förmlicher Traktat geschlossen, Lalande erklärte die Friedrichsehre in seine Sternkarten aufnehmen zu wollen, wenn Bode den Erndtehüter anerkennen wolle.

Buchstaben, und wo diese nicht mehr ausreichten, mit lateinischen zu bezeichnen. Namentlich hat Bayer (§. 131) diese Bezeichnungsweise in seinen Karten durchgeführt, und die späteren Astronomen haben die von ihm gewählten Buchstaben beibehalten. Den eben erwähnten Stern Procyon z. B., welcher der glänzendste im Sternbilde des kleinen Hundes ist, nennen die Astronomen α (sprich Alpha) des kleinen Hundes. Da aber oft selbst die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, welche in demselben Sternbilde vorkommen, schon die Anzahl der griechischen und lateinischen Buchstaben bei weitem übersteigen, so hat man auch noch Zahlen zu Hülfe genommen; so z. B. nennt man einen merkwürdigen kleinen Stern im Schwan, von welchem später noch mehr die Rede seyn wird, den Stern 61 des Schwans. Für die bei weitem größere Zahl der nur im Fernrohre sichtbaren Sterne fehlt aber auch dieses Auskunftsmittel, und man pflegt sie nur dadurch von anderen zu unterscheiden, daß man ihre Stellung gegen andere größere Sterne, oder ihren nach den Regeln der Sternkunde genau bestimmten Ort am Himmel angiebt.*

---

* Um den Ort eines Sterns am Himmel zu bestimmen, wendet man dasselbe Verfahren an, durch welches die Lage eines Ortes auf der Erde angegeben wird (§. 25, 26). Bezeichnet **N** den Nordpol, **S** den Südpol, **AA** den Aequator der Himmelskugel, a einen Stern, so denke man sich durch die Pole und den Stern einen Kreis gezogen, welcher den Aequator im Punkte m schneidet; kennt man alsdann die Größe des Bogens am, und des Bogens nm, welcher von einem bestimmten Punkte n aus gemessen wird, so ist der Ort des Sterns auf der Himmelskugel vollkommen bestimmt. Den Bogen am nennt man die Deklination (Abweichung) des Sterns, sie entspricht der geographischen Breite, und kann wie diese, nördliche oder südliche seyn. Der Bogen nm heißt die Rektascension (gerade Aufsteigung) und zwar wird er von dem Punkte an gemessen, in welchen die Sonne bei Anfang des Frühlings tritt (S. 64, 70), von wo ab er von Westen nach Osten fortgezählt wird. Man hat schon den Vorschlag gemacht, und auch hin und wieder ausgeführt, alle Bilder und Namen abzuschaffen, und die Sterne nur durch ihre Rektascension und Deklination zu bezeichnen. Indessen würde man auch damit nicht lange ausreichen, da, abgesehen von später zu erwähnenden Aenderungen, schon das Vorrücken der Nachtgleichen diese zwei Bestimmungsstücke beständig



Aus diesem Wirrwar ist, man kann sagen leider, eine eigene Wissenschaft, die Astrognosie, entstanden, welche sich mit der Kenntniß der Sterngruppen und Sternnamen beschäftigt. Die bequemste Art, sich am Himmel bekannt zu machen, bleibt immer die, daß man sich durch einen bereits Bewanderten in heiteren Nächten die Sterne zeigen läßt. Kennt man übrigens erst einige Sternbilder, so kann man sich leicht mit Hülfe einer künstlichen Himmelskugel (Himmelsglobus), d. h. einer Kugel, auf welche die Sterne nach ihrer gegenseitigen Lage aufgetragen, und die einzelnen Sternbilder gezeichnet sind, oder auch mit Hülfe von Himmelskarten, eine genaue Kenntniß der Sterngruppen und Sternnamen verschaffen, besonders wenn man noch ein gutes Werk über Astrognosie zu Rathe zieht. Als ein solches ist besonders empfehlenswerth:

Bode's Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels (10te Ausgabe 1844).

Unter den vielen Himmelskarten, die man jetzt besitzt, möchten sich für Denjenigen, welcher nicht tiefere astronomische Zwecke verfolgt, sondern sich nur eine übersichtliche Kenntniß der dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne verschaffen will, besonders folgende eignen:

Bode's Vorstellung der Gestirne auf 24 Kupfertafeln.

Nach diesen Karten gearbeitet ist der

Himmelsatlas in 20 Blättern, gezeichnet von M. Riedig, welcher sich sowohl durch Wohlfeilheit als durch genaue Zeichnung empfiehlt.

Schön gezeichnet, aber fehlerhaft ist der

Atlas des gestirnten Himmels von J. J. v. Littrow. 1839.

Vortrefflich dagegen die

Neue Uranometrie. Darstellung der im mittleren Europa mit bloßen Augen sichtbaren Sterne, nach ihren wahren, unmittelbar vom Himmel entnommenen Größen.

ändert (S. 71). Außerdem wäre diese Bezeichnung für den gewöhnlichen Gebrauch auch höchst schleppend, z. B. statt α des kleinen Hundes würde man sagen: der Stern, dessen Rektascension 136 Grad 31 Minuten 11 Sekunden, dessen Deklination 5 Grad 37 Minuten nördlich ist.

Sternverzeichniß nebst Atlas (17 Karten) von Dr. Fr. Argelander, Prof. der Astron. und Direktor der Sternwarte zu Bonn. 1843.

Auf diesen Karten sind bereits, nach Olbers Vorschlag, alle nach Hevel eingeführten Sternbilder weggelassen worden.

Es ist ein großer Uebelstand, daß man sich in den älteren Sternkarten nicht damit begnügt hat, die verschiedenen Sterngruppen durch Linien von einander abzusondern, und die entsprechenden Namen hinzu zu setzen, sondern auch die Figuren, welche durch diese Namen bezeichnet werden, auf die Karten gebracht und so den Himmel mit einer Menge menschlicher, thierischer und anderer Gestalten überladen hat, von welchen dort in Wirklichkeit Nichts zu sehen ist, und die noch dazu nicht einmal auf allen Karten auf dieselbe Weise dargestellt sind.* So lange man noch die einzelnen Sterne durch ihre Stellung in der Figur bezeichnete, mußte man allerdings wissen, wie man sich diese am Himmel dachte. So z. B. sprachen die Griechen von dem Sterne am Kopfe der Andromeda, oder am linken Fuße des Orion. Jetzt aber, wo man in diesen Fällen α (Alpha) der Andromeda, β (Beta) des Orion sagt, also auf die Stellung der Bilder am Himmel gar keine Rücksicht mehr nimmt, sind diese auch ganz überflüssig, und sollten jedenfalls nicht so gründlich gezeichnet seyn, daß die Sterne ihnen gegenüber nur als Nebensache erscheinen. Wirklich hat man in den neuesten Karten angefangen, die Figuren entweder nur durch feine Umrisse anzudeuten oder auch ganz wegzulassen.

Die bereits in der Astrognosie herrschende Willkühr wäre noch stark vermehrt worden, wenn nicht glücklicher Weise einige Reformversuche spurlos vorüber gegangen wären. Ein gewisser Schiller z. B. wollte in seinem frommen Eifer die heidnischen Personen aus dem Himmel vertreiben, und dafür lauter christliche Sterngruppen einführen. Auf seinen im Anfange des 17ten Jahrhunderts herausgegebenen Karten sind nur Per-

---

* So z. B. bildet Bayer die Andromeda, den Bootes, die Zwillinge und die Jungfrau mit dem Gesichte, Hevel mit dem Rücken gegen den Beschauer gewendet, ab. Um der von Bode eingeführten Friedrichsehre Platz zu machen, mußte Andromeda ihren rechten Arm, der Jahrtausende an derselben Stelle geblieben war, in eine andere Lage bringen.

sonen zu sehen, die entweder in der Bibel vorkommen, oder der römischen Kirche angehören; aus der Cassiopea macht er die Maria Magdalena, aus dem Pegasus den Engel Gabriel, aus den 12 Zeichen des Thierkreises die 12 Apostel u. s. w. Ein Anderer, Namens Weigel, brachte mit nicht größerem Erfolge die ganze Wappenkunst an den Himmel, und machte z. B. aus den Sternen des Fuhrmanns die drei (französischen) Lilien, aus den Sternen des Adlers, Delphins und des Antinous den preußischen Adler u. s. w.

133. Die Sterne werden auch nach ihrer Größe in verschiedene Klassen getheilt, und man spricht von Sternen der ersten, zweiten, dritten Größe u. s. w. Die Sterne bis zur sechsten Größe sind dem unbewaffneten Auge, die kleineren nur im Fernrohre sichtbar, letztere heißen daher auch teleskopische Sterne. Man muß sich aber wohl vor dem Irrthum hüten, als ob hierbei an die wahre Größe der Sterne, d. h. an den Raum, welchen sie einnehmen, gedacht würde; vielmehr bezieht sich hier das Wort Größe nur auf den Glanz der Sterne. Von der wahren Größe der Fixsterne dagegen wissen wir durchaus Nichts; denn um diese zu bestimmen, müßten wir zwei Dinge kennen, ihre Entfernung und den Sehwinkel, unter welchem uns ihr Durchmesser erscheint (vorausgesetzt, daß sie, was sehr wahrscheinlich ist, kugelförmige Körper sind); alsdann würden wir nach §. 13 auch die wahre Größe dieses Durchmessers und daher auch des Fixsterns finden können. Was nun die Entfernung derselben betrifft, so fangen wir, wie ich sehr bald weiter erörtern werde, eben erst an, bei einigen Fixsternen eine annähernde Vorstellung davon zu erhalten. Aber selbst, wenn sie uns bei allen genau bekannt wäre, würden wir doch ihre Größe nicht finden können, weil die Bestimmung des Sehwinkels sich bis jetzt unseren feinsten Meßwerkzeugen entzogen hat. Wenn unserem unbewaffneten Auge manche Fixsterne als größere, andere als kleinere Scheiben erscheinen, so ist dieß, wie ich schon früher (§. 14, S. 24) bemerkt habe, nur Folge einer eigenthümlichen Einrichtung unseres Auges, vermöge deren wir jeden noch so kleinen hellen Punkt als eine ausgedehnte Scheibe sehen, und zwar als eine desto ausgedehntere je glänzender der Punkt ist. Im Fernrohre dagegen verschwinden die falschen Durchmesser; je besser das Fern-

rohr ist, als desto feinere Punkte erscheinen die Fixsterne, während gerade umgekehrt die Planeten in jedem besseren Fernrohre sich auch desto deutlicher als Scheiben zeigen.

Was wir daher hier Größe der Fixsterne nennen, bezieht sich lediglich auf die Größe der falschen Durchmesser, unter welchen sie uns, in Folge ihrer verschiedenen Lichtstärke, erscheinen. Nun beruht die Bestimmung dieser Größe lediglich auf Schätzung, die ganz von der besonderen Auffassung jedes einzelnen Astronomen abhängt, und so geschieht es nicht selten, daß zwei Astronomen die Größe eines und desselben Sterns verschieden ansetzen. Eine genauere Bestimmung wäre nur dann möglich, wenn wir ein Werkzeug hätten, welches die Lichtstärke der Sterne genau angäbe; die bisherigen Versuche etwas der Art zu leisten; die sogenannten Lichtmesser (Photometer), lassen jedoch noch viel zu wünschen übrig.

Bei den Sternen von der ersten bis zur sechsten Größe ist man ein für allemal darüber übereingekommen, gewisse Sterne als Sterne der ersten Größe, andere als Sterne der zweiten Größe u. s. w. zu bezeichnen. Bei der viel größeren Anzahl der teleskopischen Sterne dagegen fehlt eine solche Uebereinkunft; was ein Astronom einen Stern der 12ten Größe nennt, bezeichnet der andere oft als einen Stern der 18ten Größe.

Man sieht auch leicht, daß diese Abtheilung der Sterne nach Größenklassen wenig mit der Natur übereinstimmt; diejenigen, welche zu einer Klasse gehören, sind wieder untereinander sehr an Lichtglanz verschieden, und eben so wenig läßt sich zwischen einer Klasse und der anderen eine scharfe Grenze ziehen, da die Abstufungen, wie überall in der Natur, nur ganz allmähliche sind. Einigermaßen hat man sich dadurch geholfen, daß man auch Zwischenstufen eingeführt hat; so spricht man z. B. von Sternen, die zwischen der dritten und vierten Größe, oder zwischen der sechsten und siebenten Größe sind, was man durch (3. 4), (6. 7) zu bezeichnen pflegt.

134. Man zählt 18 Sterne der ersten Größe, 52 der zweiten, 177 der dritten, 376 der vierten, im Ganzen 623 Sterne von der ersten bis zur vierten Größe. Die Anzahl wächst sehr schnell, wenn man zu den kleineren Sternen fortgeht. In dem großen Himmelsatlas von Harding, welcher

zwei Drittel der ganzen Himmelskugel umfaßt, findet man 903 Sterne der fünften, 3749 Sterne der sechsten, 7259 der siebenten Größe. Aus den angegebenen Zahlen sieht man, daß die Sterne, welche man mit unbewaffnetem Auge erkennt (nämlich, wie oben bemerkt wurde, bis zur sechsten Größe), keinesweges unzählbar sind. Bis zur neunten Größe kann man wohl 70000 Sterne rechnen, aber die mächtigen Fernrohre zeigen noch viel kleinere Sterne, deren Zahl noch Niemand erschöpft hat.

Ich will hier noch die Namen der 18 Sterne erster Größe hersetzen.

Nördlich vom Aequator:

1) Vega oder α der Leyer
2) Capella „ α des Fuhrmanns
3) Arkturus „ α „ Bootes
4) Aldebaran „ α „ Stiers
5) Beteigeuze „ α „ Orion
6) Regulus „ α „ Löwen
7) Atair „ α „ Adlers
8) Deneb „ α „ Schwans
9) Procyon „ α „ kleinen Hundes

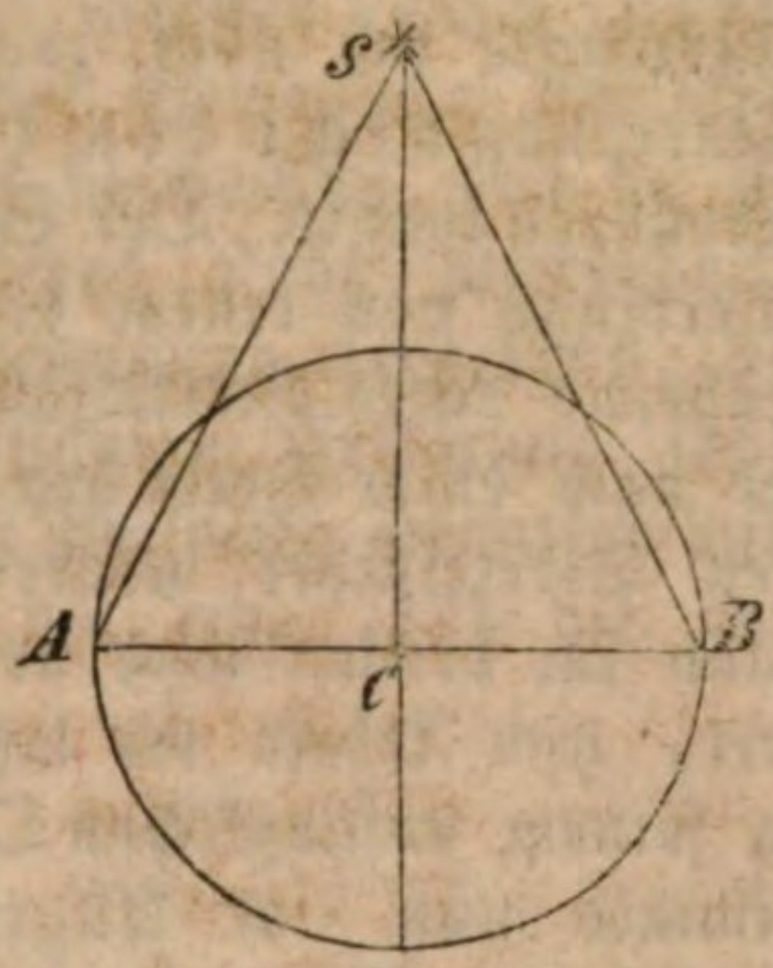
Südlich vom Aequator:

10) Sirius „ α des großen Hundes
11) Rigel „ β „ Orion
12) Spica „ α der Jungfrau
13) Antares „ α des Skorpions
14) Fomalhaut „ α „ südlichen Fisches
15) Canopus „ α „ Schiffes Argo
16) Acharnar „ α „ Eridanus
17) α „ Centauren
18) α „ Kreuzes.

Die vier letzteren sind in unseren Gegenden unsichtbar. Der Stern α des Kreuzes ist aus zwei nahe zusammenstehenden Sternen zusammengesetzt, von denen jeder einzelne Stern nur ein Stern der zweiten Größe ist. Auch Algenib oder α des Perseus, Sirrah oder α der Andromeda, und Denebola oder β des Löwen, zählen einige zu den Sternen erster Größe, während Deneb (der achte in obigem Verzeichniß) mitunter zu den Sternen der zweiten Größe gerechnet wird. Der Stern α des Adlers gehört jetzt zu den hellsten Sternen,

während er früher zu denen zweiter Größe gerechnet wurde. Ich werde später noch über die Veränderlichkeit im Lichtglanze der Sterne besonders reden.

135. Ich habe früher (§. 44) ausführlich auseinander gesetzt, daß die Beantwortung der Frage, wie weit die Fixsterne von uns entfernt sind, lediglich von der Möglichkeit abhängt, den Winkel zu finden, welchen die von den Enden A und B des Durchmessers der Erdbahn, nach dem Sterne S gezogenen Linien mit einander einschließen, also den Winkel, unter welchem man vom Sterne aus den Durchmesser der Erdbahn sieht. Um mich kürzer auszudrücken, werde ich, dem Sprachgebrauche der Astronomen folgend, die Hälfte dieses Winkels, d. h. also den Winkel, unter welchem man von dem Sterne aus den Halbmesser AC der Erdbahn sieht, die jährliche Parallaxe nennen.



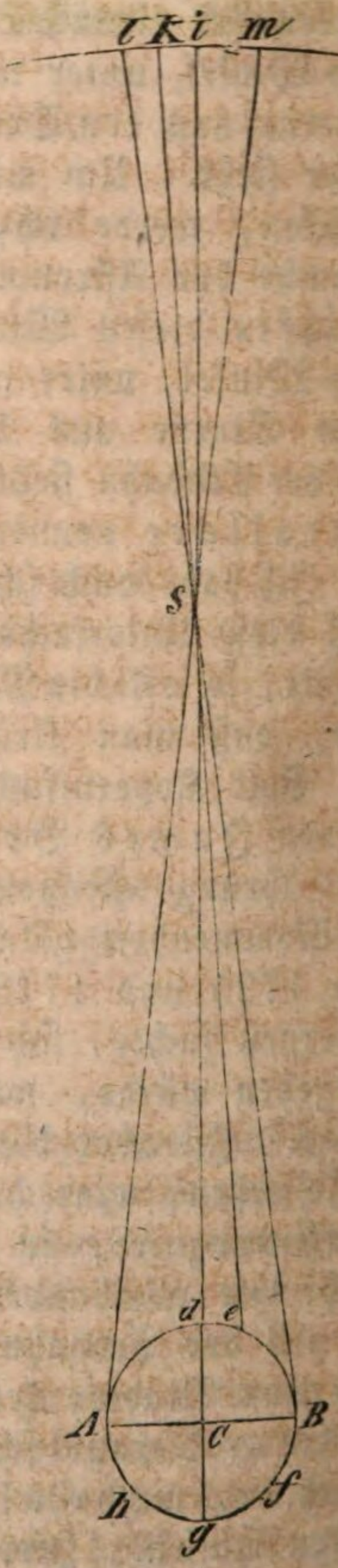
Ich habe auch schon dort erwähnt, daß diese Untersuchung jedesmal wieder aufgenommen werden mußte, so oft die Meßwerkzeuge soweit verbessert worden waren, daß man kleinere Winkel als früher bestimmen konnte.

Seit Kopernikus bis zur Zeit des großen englischen Astronomen James Bradley war man aber allmählich in der Ausführung astronomischer Meßwerkzeuge zu einer so großen Vollkommenheit gelangt, daß dieser, als er zwischen den Jahren 1725 und 1728 die jährliche Parallaxe von ungefähr 50 Sternen suchte, sich versichert hielt, daß ihm eine solche nicht entgehen würde, wenn sie auch nur eine halbe Sekunde betrüge. Ist aber der Winkel, welchen die Linien AS und CS einschließen, eine halbe Sekunde, so folgt hieraus, daß die Entfernung AS, in welcher der Stern sich von uns befindet, mehr wie zweihunderttausend mal so groß, als der Durchmesser AB der Erdbahn, d. h. größer als 8 Billionen Meilen ist. Da nun Bradley keine so große jährliche Parallaxe fand, so mußte er hieraus schließen, daß die Sterne, welche er beobachtete, mehr als 8 Billionen Meilen von uns abstehen müssen. Hierdurch hatte man also wieder an Einsicht

über die Entfernung der Fixsterne gewonnen, ohne jedoch ihren wahren Werth kennen zu lernen.

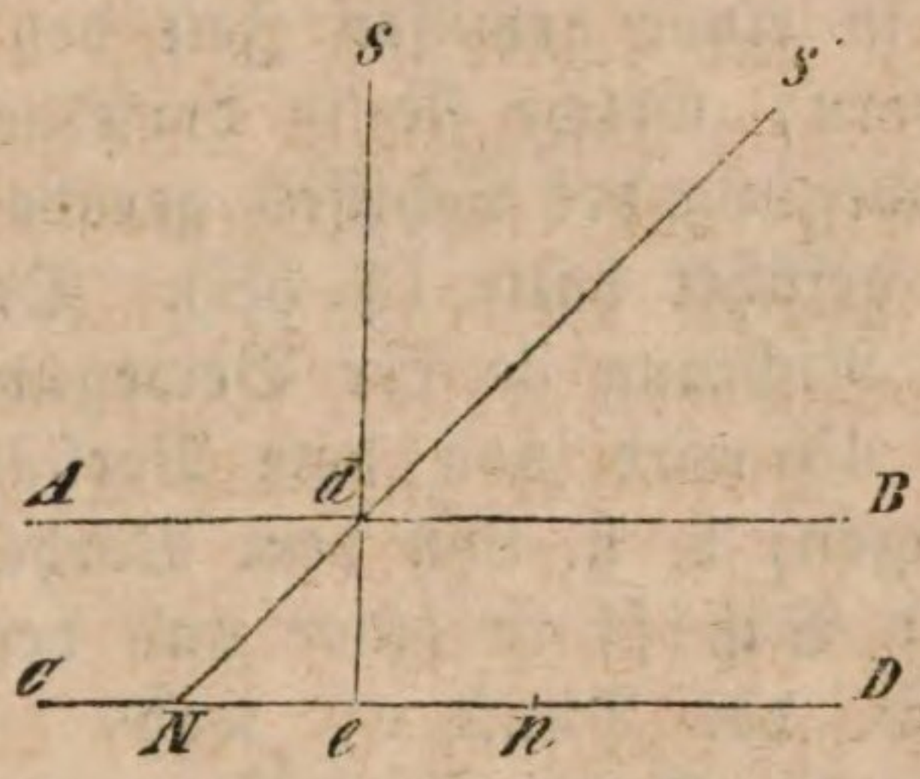
Aber dieß war nicht der einzige Gewinn, welchen Bradley aus seiner Untersuchung zog, vielmehr wurde er bei dieser Gelegenheit zugleich auf die Entdeckung zweier scheinbaren Bewegungen der Fixsterne geführt.

136. Zuerst bemerkte er nämlich, daß allerdings die Fixsterne im Laufe des Jahres ihren Ort zu ändern schienen, überzeugte sich aber zugleich, daß diese Aenderung nicht von der Parallaxe herrühren konnte. Der Stern entfernte sich allerdings von einem bestimmten Punkte, während eines Vierteljahres, immer weiter nach einer Seite hin, kehrte im nächsten Vierteljahre wieder zurück, rückte dann im dritten nach der anderen Seite fort, und kehrte im letzten Vierteljahre zu seinem anfänglichen Orte zurück. Dieß stimmte nun im Allgemeinen mit der scheinbaren Bewegung, die der Stern vermöge der Parallaxe zeigen mußte, überein. Bezeichnet nämlich S den Stern, AdeBfgh die Erdbahn, so sieht man, wenn die Erde in d steht, den Stern nach der Richtung dS, oder an der Himmelskugel (§. 15) im Punkte i; steht die Erde in e, so sieht man den Stern im Punkte k, steht die Erde (nach einem Vierteljahre) in B, so sieht man ihn in l; der Stern scheint also immer weiter nach einer Seite hin fortzurücken. Im nächsten Vierteljahre, wenn die Erde durch f bis nach g fortgeht, muß er wieder zurück zu rücken scheinen. Nun aber wird er sich während des dritten Vierteljahres nach der anderen Seite hin zu bewegen scheinen, bis er, wenn die Erde in A angekommen ist, sich am weitesten nach dieser Seite, und zwar bis nach m, bewegt zu haben scheint. Alsdann muß

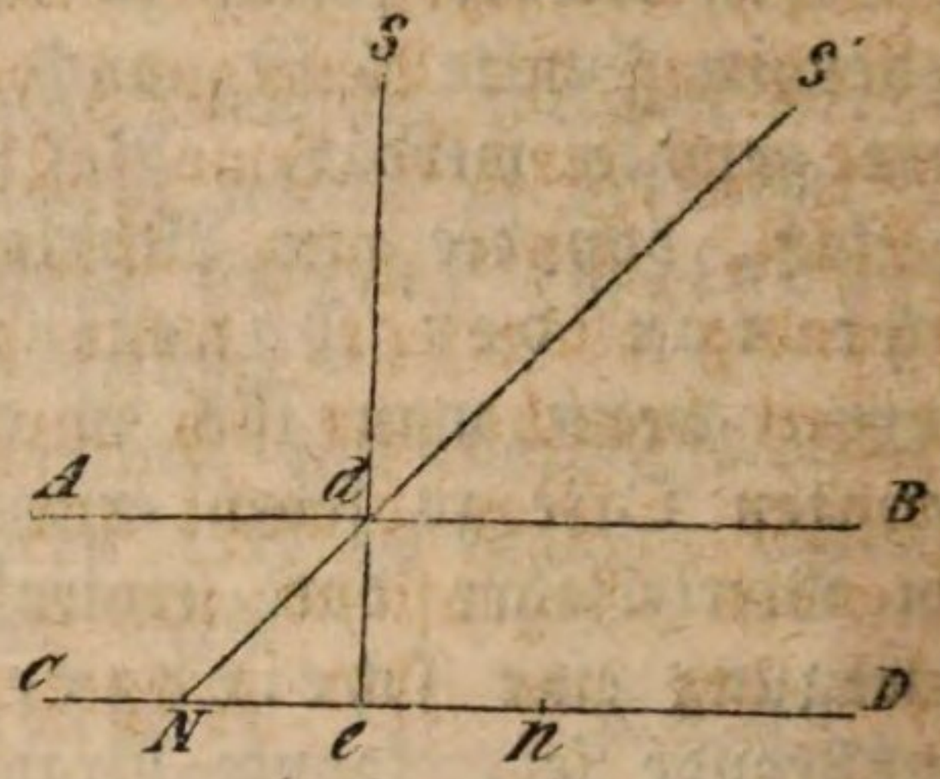


der Stern wieder zurück zu rücken scheinen und, wenn die Erde wieder im Punkte d ist, auch wieder an seinem ursprünglichen Orte gesehen werden. Bei genauerer Betrachtung ergab sich indessen, daß die von Bradley beobachtete Bewegung dennoch nicht von der Parallaxe herrühren konnte, weil der Stern, wenn man ihn zu einer gewissen Zeit an einem bestimmten Orte zu sehen erwarten mußte, immer erst nach einem Vierteljahre dort eintraf. Daß indessen auch diese Bewegung eine scheinbare, von der Bewegung der Erde herrührende sei, konnte Bradley nicht bezweifeln, da sie sich bei allen Fixsternen gleichmäßig jedes Jahr wiederholte. Lange suchte er den Grund dieser Erscheinung vergebens, bis er endlich im Jahre 1728 die scharfsinnige Erklärung fand, deren Wesen ich zunächst an folgendem Beispiele erläutern will.

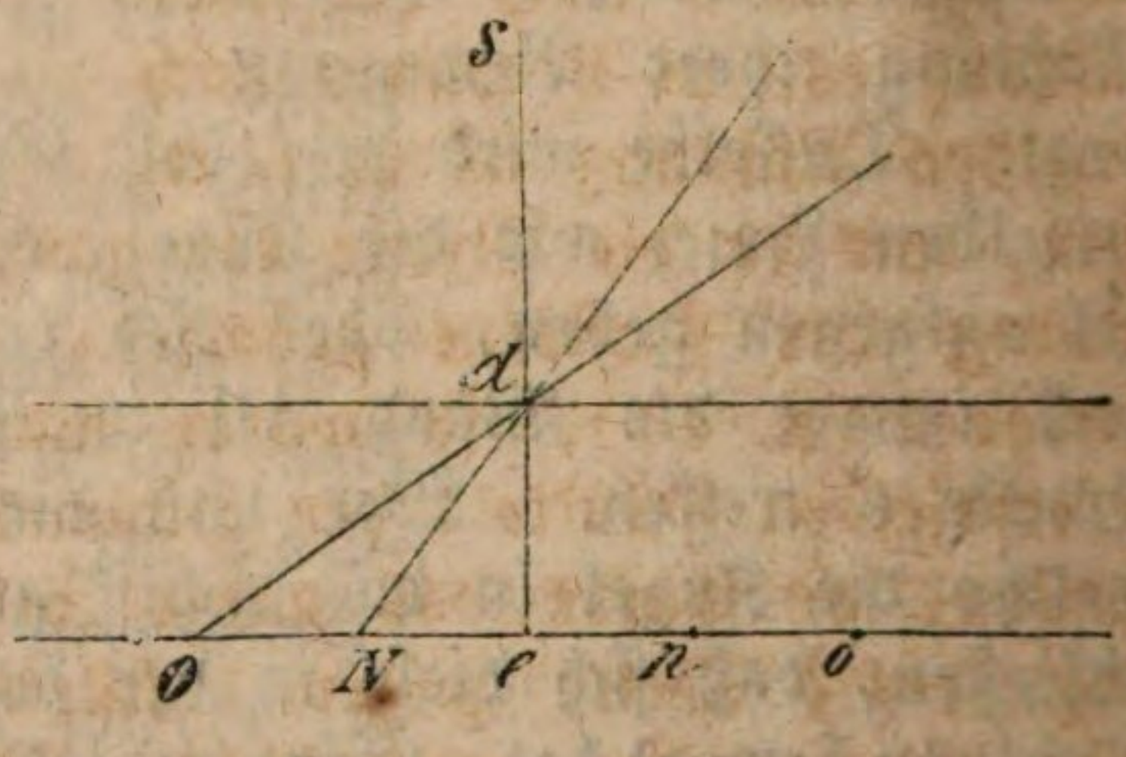
137. Man denke sich AB sei die eine, CD die entgegengesetzte Wand eines Schiffes, vom Ufer ab würde eine Kugel nach der Richtung Sd auf das Schiff abgeschossen. Man nehme nun zuerst an, das Schiff stände still, so wird die Kugel die Wand CD in einem Punkte e treffen, welcher in der Richtung ihrer Bewegung liegt.



Dasselbe wird der Fall seyn, wenn sich das Schiff in derselben Linie, wie die Kugel, bewegt, es mag nun der Kugel entgegen gehen, oder sich von ihr entfernen; diese wird noch immer die Wand AB im Punkte d, die Wand CD im Punkte e treffen. Wer nun die Löcher bei d und e sieht, welche die Kugel in das Schiff gebohrt hat, wird auch richtig schließen, daß sich diese in der durch die Linie de bezeichneten Richtung bewegt hat. Ganz anders aber verhält sich die Sache, wenn das Schiff, während die Kugel durch dasselbe fährt, sich in einer Richtung fortbewegt, welche mit der Kugel einen Winkel einschließt. Man nehme zuerst an, das Schiff bewege sich in einer Richtung fort, welche senkrecht auf der Richtung der Kugel ist. Ist der Punkt e des Schiffes, während die Kugel den Weg de durchläuft, nach n gerückt, so wird die Kugel nicht mehr ihn, sondern den Punkt N treffen,



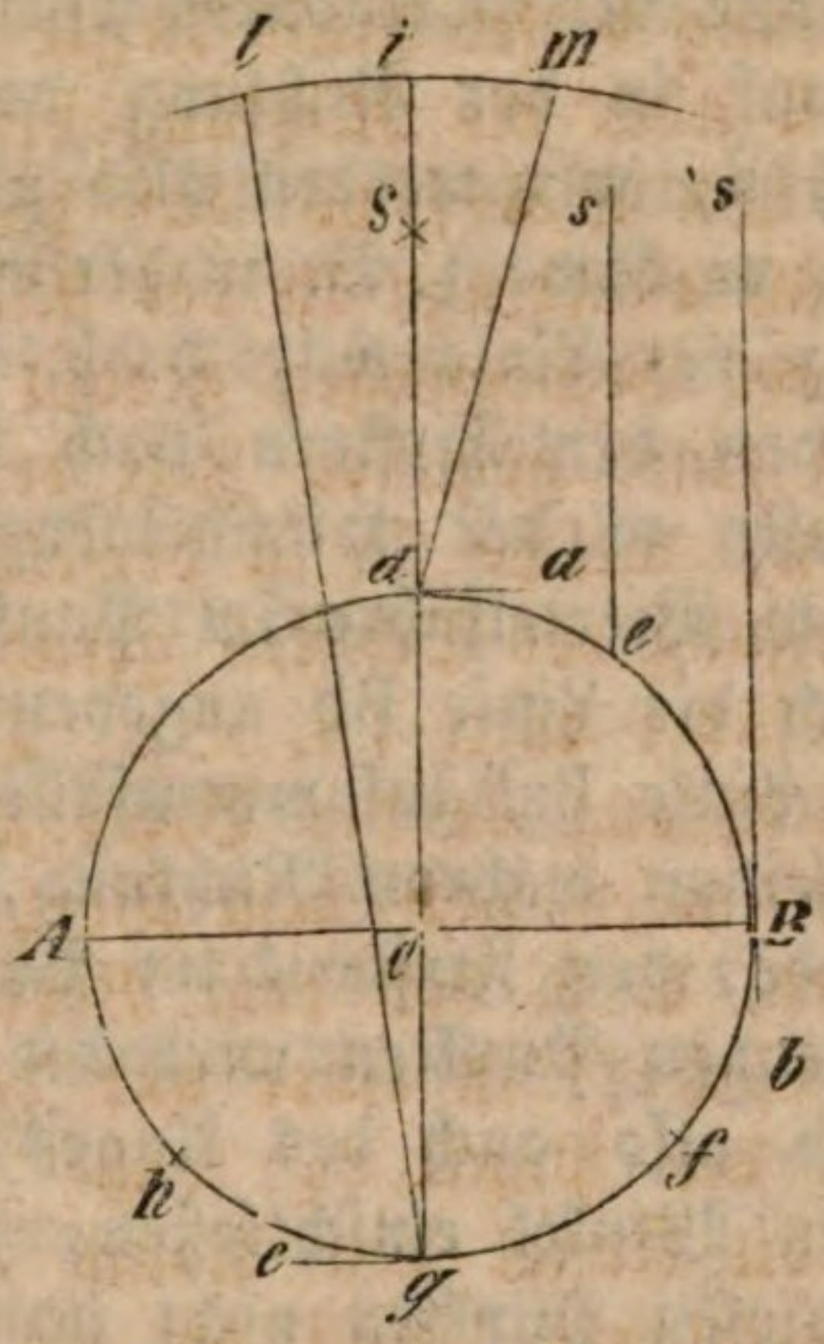
welcher an seine Stelle getreten ist. Wer nun später die zwei Löcher bei d und N sieht und nicht weiß, daß das Schiff sich fortbewegt hat, muß glauben, die Kugel sei in der Richtung dN fortgegangen und von irgend einem Punkte S' hergekommen, welcher in der Verlängerung dieser Linie liegt. Hier entsteht also ein falsches Urtheil über die Richtung der Kugel, weil man die Bewegung des Schiffes auf diese überträgt. Die Kugel hätte nämlich allerdings in der Richtung dN fortgehen müssen, wenn sie zwei Bewegungen gehabt hätte, die eine in Folge deren sie in einer gewissen Zeit den Raum de durchlaufen hätte, die andern, welche sie in derselben Zeit senkrecht darauf und der Bewegung des Schiffes gerade entgegengesetzt, durch den Raum eN geführt hätte (§. 58). Der Unterschied zwischen der wahren Richtung de der Bewegung der Kugel und der scheinbaren dN wird von dem Verhältnisse der Linien de und eN abhängen, d. h. von dem Verhältnisse der Längen, welche Kugel und Schiff in einer und derselben Zeit durchlaufen. Würde z. B. der Punkt e, während die Kugel den Raum de durchläuft, nicht bis n sondern bis zum Punkte o kommen, so daß der Punkt O an seine Stelle getreten wäre, so würde man glauben, die bei O ausfahrende Kugel hätte die Richtung dO gehabt.



Es wurde hier vorausgesetzt, das Schiff bewege sich senkrecht gegen die Richtung der Kugel; eine ähnliche Täuschung wird aber auch statt finden, wenn die Richtung des Schiffes mit der Richtung der Kugel irgend einen anderen Winkel bildet, nur wird der Unterschied zwischen der wahren und scheinbaren Richtung der Kugel immer kleiner werden, je mehr sich dieser Winkel von einem rechten unterscheidet, bis

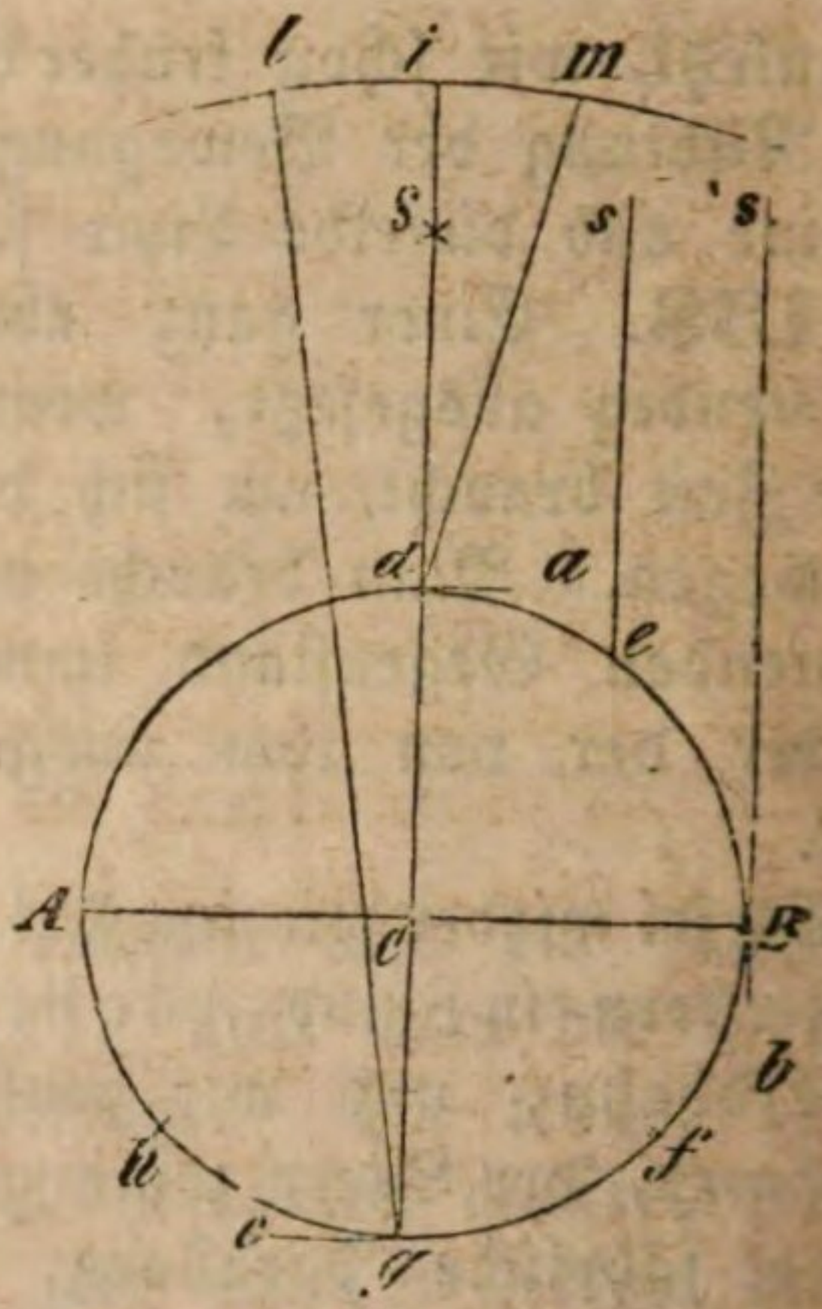
er zuletzt, wie schon früher bemerkt wurde, ganz aufhört, wenn die Richtung der Bewegung des Schiffes mit jener der Kugel in eine und dieselbe Linie fällt.

138. Einer ganz ähnlichen Täuschung sind wir nun nothwendig ausgesetzt, wenn das Licht der Fixsterne eine gewisse Zeit braucht, um sich durch einen bestimmten Raum fortzubewegen. Man braucht nur zu bedenken, daß man einen leuchtenden Gegenstand immer nach der Richtung sieht, in welcher der von ihm ausgehende Lichtstrahl auf unser Auge trifft.



Es sei wieder wie im §. 136 ein Fixstern in S und AdeBfgh die Erdbahn, und wir wollen annehmen, der Stern zeige gar keine jährliche Parallaxe, so müßte man ihn das ganze Jahr nach derselben Richtung sehen, vorausgesetzt, daß, während des Hinsehens nach dem Sterne, das Auge ruht. Sähe man ihn also von d aus nach der Richtung dS, oder an der Himmelskugel im Punkte i, so müßte man ihn in e nach derselben Richtung es, in B wieder nach derselben Richtung Bs u. s. w. sehen, und da die Größe der ganzen Erdbahn gegen die Entfernung der Fixsterne gehalten, in einen Punkt zusammen schwindet (§. 44), so würde man auch den Fixstern immer an demselben Punkte i der Himmelskugel sehen, mit anderen Worten, er würde das ganze Jahr hindurch keine Veränderung seines Ortes zeigen. Allein die Voraussetzung, daß unser Auge ruhe, entspricht der Wirklichkeit nicht, es ist vielmehr fortwährend in Bewegung, indem es an der jährlichen Bewegung der Erde Theil nimmt, es durchläuft also in einer jeden bestimmten Zeit einen bestimmten Raum. Nimmt man nun an, daß dieß auch beim Lichte der Fall ist, so ergiebt sich daraus, daß wir die Fixsterne, im Laufe des Jahres, nach ganz verschiedenen Richtungen sehen werden. Ist die Erde in d, so wird die durch die Linie da angedeutete Rich-

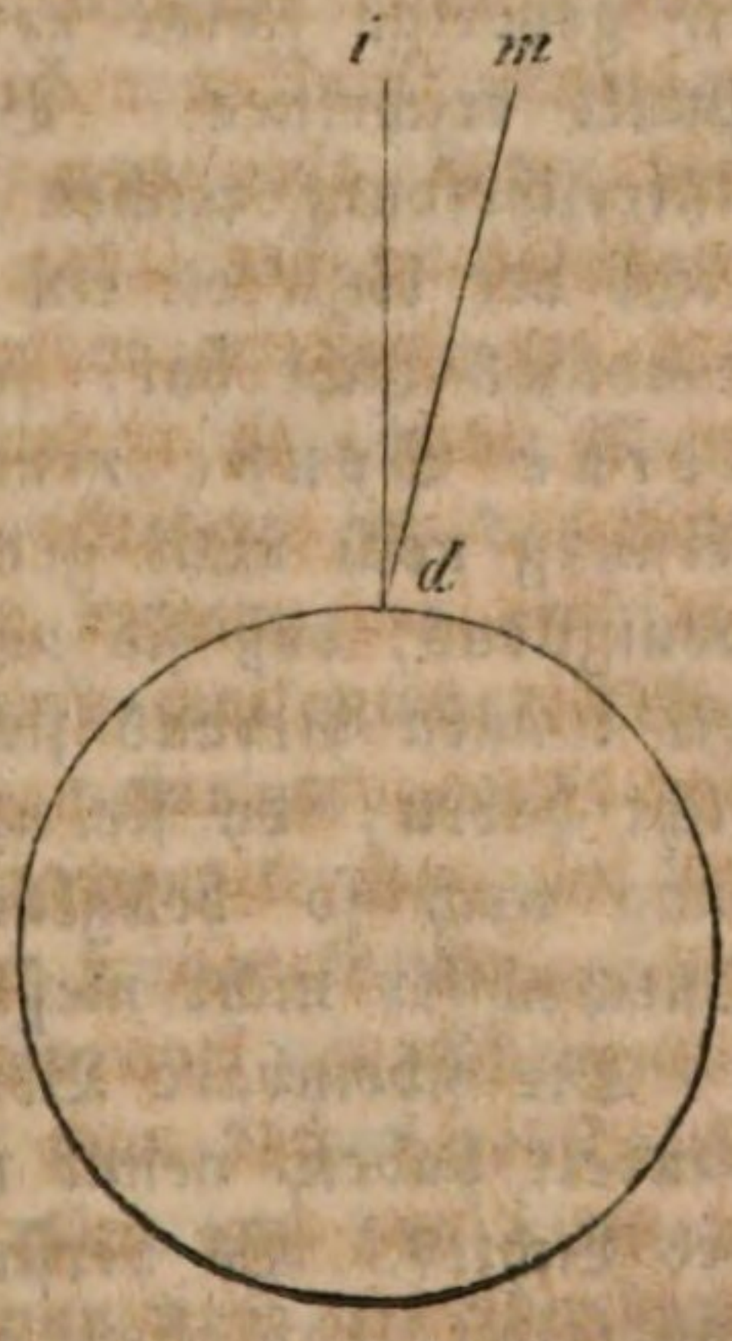
tung ihrer Bewegung senkrecht auf der Richtung des Lichtstrahls seyn. Indem wir nun diese Bewegung, da wir von der Bewegung der Erde Nichts sehen, auf den Lichtstrahl übertragen, so wird die Bewegung, welche er zu haben scheint, aus zweien zusammen gesetzt seyn, aus seiner wirklichen längs der Linie Sd und der scheinbaren senkrecht darauf in der Richtung von a nach d, wir werden also glauben, er käme z. B. in der Richtung der Linie md, d. h. wir werden den Fixstern nach dem Punkte m der Himmelskugel versetzen. Ist die Erde nach einem Vierteljahre im Punkte B angekommen, so hat sie die durch die Linie Bb angedeutete Richtung, da diese aber mit der Linie Bs' zusammenfällt, so sieht man auch den Lichtstrahl in seiner wahren Richtung, und daher, wie früher bemerkt wurde, den Fixstern im Punkte i. In den zwischen d und B liegenden Punkten wird die Richtung der Bewegung der Erde (und also auch des Auges) immer mit der des Lichtstrahls einen Winkel einschließen, man wird also auch den Lichtstrahl in diesen Punkten nicht in seiner wahren Richtung sehen; je näher man aber dem Punkte B kömmt, desto weniger wird die Richtung der Erde von der des Strahls abweichen, daher wird der Fixstern, während dieses Vierteljahres, immer weiter von m nach i zu rücken scheinen. Im nächsten Vierteljahre, während nun die Erde von B nach g fortgeht, wird die scheinbare Richtung wieder immer mehr von der wahren abweichen, je weiter man nach g kömmt, nur mit dem Unterschiede, daß die Abweichung nun nach der entgegengesetzten Seite statt hat, weil sich auch die Erde in entgegengesetzter Richtung fortbewegt. Im Punkte g z. B. wird man den Stern nach der Linie gl sehen, welche mit der Richtung der Linie Sd denselben Winkel, nur nach entgegengesetzter Richtung, einschließt, wie die Linie dm, und in diesem Punkte wird die Abweichung der scheinbaren Richtung des Strahls von der wahren wieder



am stärksten seyn, weil die durch die Linie gc angedeutete Richtung der Erde senkrecht auf der Richtung des Strahls ist. Es ist nun leicht einzusehen, wie die Erscheinungen während des dritten Vierteljahres, d. h. während die Erde von g nach A geht, seyn werden, der Stern wird wieder zurückzugehen scheinen und in A die Richtung der Bewegung der Erde wieder mit der des Sterns zusammenfallen, so daß man den Fixstern wieder nach der Richtung Si sieht. Dagegen wird die Abweichung der scheinbaren Richtung von der wahren immer wachsen, während die Erde im letzten Vierteljahre von A nach d geht, bis sie im letzteren Punkte wieder am stärksten wird.

Und so erhellt, weswegen man alle Erscheinungen ein Vierteljahr später sieht, als sie sich in Folge einer Parallaxe zeigen müßten (§. 136). Eine solche würde den Stern in m erscheinen lassen, wenn die Erde in A ist, dort sieht man ihn aber, wenn die Erde in d ist; in dem letzteren Punkte würde die Parallaxe den Stern in i zeigen, dort sieht man ihn aber, wenn die Erde in B ist u. s. w.

139. Ist die eben gegebene Erklärung richtig, so muß man aus den Erscheinungen selbst finden können, welche Zeit das Fixsternlicht braucht, um sich durch einen gewissen Raum fort zu pflanzen. Da wir nämlich die Bewegung der Erde in ihrer Bahn kennen und wissen, daß sie in einer Sekunde ungefähr $4^1/_{10}$ Meilen durchläuft, da ferner der Unterschied zwischen der scheinbaren Richtung dm und der wahren di nach Bradley's Beobachtungen ungefähr $20^1/_2$ (Bogen-) Sekunden (§. 10) beträgt, so kann man die Frage aufstellen: Wie groß muß der Raum seyn, welchen das Licht in einer Sekunde durchläuft, damit aus der Verbindung dieser Bewegung mit der Bewegung der Erde, welche in einer Sekunde $4^1/_{10}$ Meilen durchläuft, eine scheinbare Richtung des Lichtstrahls entspringt, welche mit dessen wahrer Richtung einen Winkel von $20^1/_2$ (Bogen-) Sekunden einschließt?



Eine leichte Rechnung zeigt, daß unter dieser Voraussetzung die Geschwindigkeit des von dem Fixsterne ausgehenden Lichtes so groß seyn muß, daß es in einer Sekunde ungefähr 41000 Meilen durchläuft. Nun haben wir früher (§. 106), von einer ganz anderen Erscheinung ausgehend, gefunden, daß das Sonnenlicht dieselbe Geschwindigkeit hat, wir finden also hier ein überraschendes Zusammentreffen: die scheinbare jährliche Bewegung der Fixsterne erklärt sich vollkommen, sobald wir annehmen, daß das Licht der Fixsterne sich mit derselben Geschwindigkeit fortbewegt, wie das Licht der Sonne, und eben deswegen können wir nicht bezweifeln, daß diese Erklärung die richtige ist.

Bradley's Entdeckung ist also eine Bestätigung und zugleich Erweiterung der Entdeckung Römers (§. 105); nicht bloß das Sonnenlicht, sondern das Licht aller Fixsterne braucht eine und dieselbe Zeit, um sich durch einen bestimmten Raum fort zu pflanzen. Ich benutze diese Gelegenheit, um noch ein Wort über das Verhältniß der Sonne zu den Fixsternen zu sagen. Daß wir die Sonne ebenfalls als einen Fixstern zu betrachten haben, leidet keinen Zweifel, da wir ja an ihr eben so wenig als an diesen eine wahre Veränderung ihres Ortes bemerkt haben. Daß sie uns als eine große Scheibe erscheint, während sich diese nur als Punkte zeigen, kömmt lediglich davon her, daß die Sonne uns viel näher ist; in die gehörige Ferne gerückt, würde sie uns ebenfalls nur als Punkt erscheinen. Betrachten wir es aber als wesentliches Unterscheidungszeichen zwischen Sonne und Planeten, daß das Licht der letzteren ein erborgtes ist, während erstere ein selbstständiges Licht hat, so dürfen wir auch die übrigen Fixsterne Sonne nennen. Denn, wenn wir auch ihre Entfernung noch nicht genau angeben können, so wissen wir doch wenigstens, daß sie nach Billionen Meilen zu messen ist, und wir können hieraus sicher schließen, daß sie ebenfalls eigenes Licht haben, da sie uns sonst unmöglich in so großer Entfernung noch so hellglänzend erscheinen könnten, während ihr Durchmesser nicht meßbar ist.

Die scheinbare Bewegung, von welcher wir so eben gehandelt haben, nennt man auch die Aberration (Abirrung) des Lichtes. Es versteht sich übrigens nach unserer Erklärung von selbst, daß sie auch auf den Ort, an welchem wir die

Sonne und die übrigen Körper des Sonnensystems sehen, Einfluß hat, was bei feineren Rechnungen berücksichtigt werden muß.

140. Bradley bemerkte noch eine zweite scheinbare Bewegung der Fixsterne, deren Wirkung sich mit der Wirkung der Aberration vermischt, so daß keine geringe Genauigkeit im Beobachten und großer Scharfsinn dazu gehörte, sie heraus zu finden. Er fand nämlich, daß sich alle Sterne in ungefähr $18^1/_2$ Jahren in einer Ellipse (§. 18) zu bewegen scheinen, so daß sie sich in ungefähr 9 Jahren dem Pole nähern, und in den folgenden 9 Jahren wieder von demselben entfernen. Auch sah er ein, daß sich diese Erscheinung sehr gut erklären läßt, sobald man annimmt, daß die Erdachse während dieser Zeit eine Ellipse beschreibt, wodurch der Pol, welcher ja durch die Lage der Erdachse bestimmt wird (§. 16), bald gewissen Sternen näher kömmt, bald sich wieder von ihnen entfernt. Später hat sich gezeigt, daß diese Erscheinung wirklich von einer kleinen Schwankung der Erdachse herrührt, welche durch die verschiedene Anziehung, die der Mond in seinen verschiedenen Lagen auf die Erde ausübt, hervorgerufen wird, wonach das, was in §. 19 über die Beständigkeit der Richtung der Erdachse gesagt worden ist, noch einer kleinen Berichtigung bedarf; man nennt eben deswegen diese Erscheinung die *Nutation* oder *Schwankung*. Eine ähnliche Berichtigung mußten wir schon bei Besprechung des Vorrückens der Nachtgleichen machen (§. 31, S. 72), und ich will hier gelegentlich noch bemerken, daß auch diese Erscheinung eine Folge der Anziehung ist, welche Sonne und Mond auf die Erde ausüben.

Diese zwei Entdeckungen Bradley's waren in mehr als einer Beziehung für die Sternkunde wichtig. Durch die Aberration hatte man erfahren, nach welchem Gesetze sich das Licht der Fixsterne fortpflanzt, und außerdem einen neuen entscheidenden Beweis für die Richtigkeit der kopernikanischen Lehre von der jährlichen Umdrehung der Erde gefunden, wenn ein solcher überhaupt noch nöthig war. Außerdem lernte man den wahren Ort eines Fixsterns genauer als früher kennen; jeder beobachtete Ort muß erst mit Rücksicht auf die Aberration und Nutation verbessert werden, wozu man besondere Tafeln hat. Aber auch die Frage über die Entfernung der Fixsterne hatte Bradley gefördert, indem man nun vor dem Irrthume

geschützt war, die Bewegungen, welche von Aberration und Nutation herrühren, auf Rechnung der Parallaxe zu setzen. Nur erst, wenn nach Abzug dieser zwei scheinbaren Bewegungen noch eine erkennbare jährliche Bewegung eines Fixsterns übrig blieb, konnte man weiter untersuchen, ob sie so beschaffen sei, daß sie von einer Parallaxe herrühre. Indessen wurde eine solche erst in der neuesten Zeit gefunden, nachdem noch einige andere Entdeckungen über die Beschaffenheit der Fixsterne gemacht worden waren, welche ich zunächst auseinander setzen will.

Neunzehntes Hauptstück.

141. Alle Bewegungen der Fixsterne, welche wir bis jetzt betrachtet haben, stellten sich, bei genauerer Untersuchung als scheinbare heraus, die von verschiedenen Bewegungen unserer Erde herrühren; so war es bei der täglichen Bewegung (§. 17), dem Vorrücken der Nachtgleichen (§. 31), der Aberration und Nutation. Man hat aber noch andere Bewegungen an den Fixsternen entdeckt, die unzweifelhaft wahre Bewegungen sind. Vergleicht man nämlich gute, aber in weit auseinander liegenden Zeiten verfertigte Sternverzeichnisse, so findet man häufig, daß sie in der Angabe über den Ort eines Fixsterns sehr stark von einander abweichen. Können nun freilich diese Unterschiede manchmal von Schreib-, Druck-, Beobachtungs- und Rechenfehlern herrühren, so kommen sie doch so häufig vor, daß sie in den meisten Fällen sicher auf guten Gründen beruhen. Die Fixsterne haben also eine Bewegung, die uns so klein erscheint, daß sie erst nach einer langen Zeit zu einer merklichen Größe anwächst, und eben deswegen nur aus Sternverzeichnissen, welche in weit auseinander liegenden Zeitpunkten angefertigt sind, erkannt werden kann. Diese Bewegung kann nun vielleicht *theilweise*, aber unmöglich *ganz und gar* eine scheinbare seyn. Eine *scheinbare* Bewegung müßte sich nämlich bei allen Fixsternen auf *gleiche* Weise äußern; da aber die Sterne sich nach ganz *verschiedenen* Richtungen bewegen, der eine z. B. von Osten nach Westen, der andere von Süden nach Norden,

so folgt daraus, daß sie wirkliche Bewegungen haben müssen, die sie von einem Orte im Raume zum anderen führen. Halley (§. 81) scheint der erste gewesen zu seyn, welcher diese eigene Bewegung der Fixsterne bemerkte, indem er das Sternverzeichniß des Hipparch (S. 106) mit dem des englischen Astronomen Flamsteed verglich. Später haben Andere diese Untersuchung fortgesetzt, doch sind diese Bewegungen viel genauer und vollständiger bekannt geworden, seitdem es möglich geworden ist, die Beobachtungen zu vergleichen, welche Bradley zwischen den Jahren 1750 und 1762 auf der Sternwarte zu Greenwich und 40 bis 50 Jahre später Piazzi (§. 114) auf der Sternwarte zu Palermo angestellt haben. Aus ihrer Vergleichung hat nämlich Bessel (§. 90) gefunden, daß unter 2959 Sternen, welche Bradley und Piazzi beobachtet haben, fast die Hälfte eine jährliche Bewegung hat, die ein Zehntel einer Sekunde und mehr beträgt, bei 425 beträgt sie über $^2/_{10}$ Sekunden, und bei 71 über eine halbe Sekunde. Kleine Sterne zeigen sie ebensowohl als große und unter den zuletzt erwähnten 71 sind nur vier von der ersten Größe (§. 133).

Die stärkste eigene Bewegung hat der Stern 61 im Schwan, sie beträgt jährlich über 5 Sekunden, bei dem Stern d des Eridanus beträgt sie 3 bis 4 Sekunden, bei dem hellen Stern Arktur oder α des Bootes 2 Sekunden*.

Wir sind nach diesen Erfahrungen berechtigt zu schließen, daß auch die anderen Sterne eine eigene Bewegung haben, die nur zu langsam ist, um schon erkannt worden zu seyn. Betrüge z. B. die jährliche eigene Bewegung des Fixsterns ein Hundertel einer Sekunde, so wäre er in den von Bradley's bis Piazzis Beobachtungen verflossenen 50 Jahren erst um eine halbe Sekunde fortgerückt; ein Unterschied von einer halben Sekunde könnte aber unbedenklich auf Rechnung von Beobachtungsfehlern gesetzt werden. Nach 500 Jahren dagegen würde ein Beobachter finden, daß der Stern seit Bradley's Zeit um 5 Sekunden fortgerückt ist, dann wäre seine eigene Bewegung entschieden.

Um die Frage zu beantworten, wie lang der Raum seyn muß, welchen ein Stern jährlich durchläuft, wenn uns

---

* Kürzlich hat Argelander bei einem kleinen Sterne sogar eine jährliche eigene Bewegung von mehr als 7 Sekunden entdeckt.

diese Länge unter einem gewissen Winkel erscheint, müßten wir die Entfernung des Sterns kennen, was nicht der Fall ist. Wenigstens aber wissen wir, daß viele Sterne über 8 Billionen Meilen von uns entfernt sind (§. 135); gesetzt nun, ein solcher Stern zeigte eine jährliche Bewegung von einer Sekunde, welchen Raum hätte er in dieser Zeit durchlaufen? Hierauf antworten wir: Ist in dem Dreiecke ABC der Winkel bei A eine Sekunde, während die Seiten AB und AC acht Billionen Meilen betragen, so läßt sich leicht berechnen, daß die Seite BC ungefähr 40 Millionen Meilen beträgt; der Raum, welchen der Stern unter den angegebenen Umständen durchläuft, beträgt also ungefähr 40 Millionen Meilen. Zeigt dagegen ein Stern in derselben Entfernung eine jährliche Bewegung von 5 Sekunden, so muß er jährlich mehr als 200 Millionen Meilen durchlaufen. Nun wissen wir, daß der Stern 61 des Schwans mehr als 8 Billionen Meilen von uns absteht, da nun seine jährliche Bewegung über 5 Sekunden beträgt, so folgt, daß dieser Stern jährlich mehr als 200 Millionen Meilen durchläuft.

Und so führt die Einsicht in die eigene Bewegung der Fixsterne zu einer völligen Umkehrung unserer Vorstellungen über das Verhältniß dieser Weltkörper zu den Planeten. Sterne, die man früher feste nannte, weil man glaubte, daß sie immer denselben Ort im Raume einnehmen, haben eine Bewegung, die bei weitem größer als die der Planeten ist; die Bahn z. B., welche unsere Erde in einem Jahre durchläuft, hat nur eine Länge von ungefähr 130 Millionen Meilen, die Geschwindigkeit der Erde ist also viel kleiner als die des Sterns 61 des Schwans.

Aus der eigenen Bewegung der Fixsterne folgt unmittelbar, daß nach einer freilich sehr langen Zeit die Sternbilder ganz unbrauchbar werden müssen, da Sterne, die man jetzt zu einer Gruppe zählt, weil sie benachbart sind, weit auseinander treten, andere dagegen, jetzt weit von einander entfernte, sich nähern werden.

142. Wenn auch die eigene Bewegung der Fixsterne nicht gänzlich eine scheinbare seyn kann, so ist es doch möglich, sie zum großen Theile auf eine solche zurückzuführen. Bedenkt man nämlich, daß auch unsere Sonne ein Fixstern

ist (§. 139), so liegt die Vermuthung nahe, daß auch sie, nebst allen sie begleitenden Körpern des Sonnensystems, sich im Weltraume fortbewege. Ist dieß aber der Fall, so werden die Sterne, von welchen sie sich entfernt, immer näher zusammen zu rücken scheinen, weil wir ihren Abstand unter einem immer kleineren Winkel sehen, während umgekehrt die Sterne, auf welche sie zueilt, immer weiter auseinander treten müssen. Fänden sich also zwei einander entgegengesetzte Punkte am Himmel, so beschaffen, daß die Sterne in der Nähe des einen sich immer weiter von einander zu entfernen scheinen, während sie in der Nähe des anderen immer enger zusammenrücken, so könnte man mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine solche eigene Bewegung der Sonne schließen. Schon W. Herschel unternahm es auf diesem Wege den gemeinsamen Theil aus der eigenen Bewegung der Fixsterne abzusondern, der aus einer Bewegung unseres Sonnensystemes entspringen könnte. In neuester Zeit hat Argelander (§. 132) diese Untersuchung wieder aufgenommen, und nahe mit Herschel übereinstimmend gefunden, daß sich ein großer Theil der eigenen Bewegung der Fixsterne als eine scheinbare ergibt, wenn man annimmt, daß unsere Sonne sich nach einem Punkte hinbewegt, der im Sternbilde des Herkules links von dem hellen Sterne der Krone liegt.

Ob nun die eigene Bewegung der Fixsterne eine gleichförmige (§. 52, S. 146) oder eine ungleichförmige ist, läßt sich bis jetzt nicht bestimmt sagen; vorläufig nimmt man, der größeren Einfachheit wegen, das Erstere an. Findet man z. B., daß ein Stern in den letzten 50 Jahren eine eigene Bewegung von 10 Sekunden gezeigt hat, so sagt man, seine jährliche Bewegung sei ein Fünftel einer Sekunde, allein es könnte seyn, daß er sich in einem Jahre um mehr, in dem anderen um weniger fortbewegt hätte. Eben so wenig wissen wir, ob die Fixsterne sich in einer geraden oder krummen Linie bewegen. Es wäre denkbar, daß sie sich wieder um andere Weltkörper bewegten, ähnlich wie die Planeten um die Sonne; denn daß es wirklich ein solches Wechselverhältniß zwischen Fixsternen giebt, ist eine der merkwürdigsten Entdeckungen der neueren Sternkunde, von der ich jetzt ausführlich reden werde.

143. Nach Erfindung des Fernrohrs zeigte es sich, daß

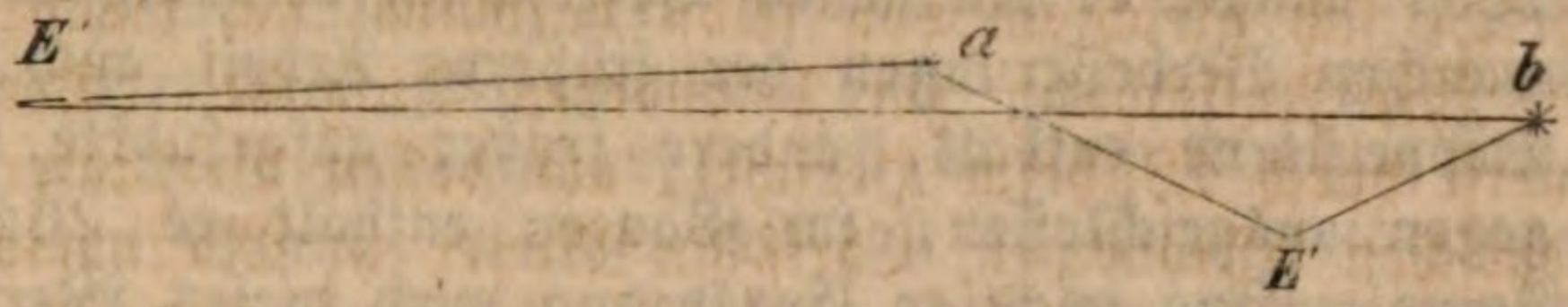
manche Sterne, die man früher für einfache gehalten hatte, im Fernrohre betrachtet, als zwei oder mehr Sterne erscheinen, die nur so nahe zusammenstehen, daß das unbewaffnete Auge die leeren Zwischenräume nicht erkennen kann, weil sie durch den ausgebreiteten Schimmer in unserem Auge verdeckt werden (§. 133). Solche Sterngruppen nennt man im Allgemeinen vielfache Sterne und, je nachdem sie aus zwei, drei Sternen u. s. w. bestehen, auch Doppelsterne, dreifache Sterne u. s. w. Häufig braucht man auch das Wort Doppelstern in allgemeinerem Sinne zur Bezeichnung eines vielfachen Sterns, was ich im Folgenden auch thun werde.

Im Anfange schenkte man den Doppelsternen wenig Aufmerksamkeit. Man merkte wohl die hellsten und auffallendsten, welche sich gleichsam von selbst darboten, an, machte sich aber nie ihre Aufsuchung zur besonderen Aufgabe. Dieß geschah zuerst durch Wilhelm Herschel, als dessen Vorläufer man den deutschen Astronomen, Christian Mayer in Mannheim, ansehen kann, der bereits kurz vorher einige gute Schritte in diesem Felde gethan hatte, aber wenig Beachtung fand.

In den Bode'schen Himmelskarten, welche im Jahre 1781 erschienen, sind 46 Doppelsterne verzeichnet, Herschel aber fand bereits zwischen den Jahren 1779 und 1783 über 400 Doppelsterne, und zwar während er nur diejenigen Sterne *als* Doppelsterne gelten ließ, bei welchen die einzelnen Sterne nicht über 32 Sekunden von einander abstehen. Die Anzahl würde aber bedeutend stärker ausgefallen seyn, wenn er, nach unserer früheren Erklärung, jede Sterngruppe, welche dem unbewaffneten Auge als einzelner Stern erscheint, einen Doppelstern genannt hätte, indem selbst ein sehr scharfes Auge nicht leicht Sterne getrennt sieht, deren Abstand nur 6 bis 7 Minuten beträgt.

Diese unerwartet große Zahl, die Herschel später bis auf fast 500 vermehrte, führte ihn zu der Ueberzeugung, daß eine so häufig vorkommende Gruppirung mehreren Sterne unmöglich, bloß ein Spiel des Zufalls seyn könne, sondern meistens wirklich durch Naturkräfte bedingt seyn müsse. Hieran knüpfte er den Unterschied zwischen physischen und optischen Doppelsternen, welcher die Grundlage aller späteren Untersuchungen geworden ist. Es kann nämlich allerdings vorkommen, daß zwei Sterne, welche durchaus in keiner Verbindung

stehen, vielleicht sogar ungeheuer weit von einander entfernt sind, uns dennoch sehr nahe zusammen zu stehen scheinen, weil sie eine solche Lage im Raume haben, daß sie, von der Erde aus gesehen, fast in einer geraden Linie hinter einander liegen, also die Linien, die wir von der Erde aus nach beiden Sternen ziehen, nur einen sehr kleinen Winkel einschließen. So scheinen uns häufig zwei weit von einander entfernte Berge sehr nahe zusammen zu stehen, weil wir sie fast nach einer und derselben Richtung sehen; wir werden aber einen anderen Standpunkt wählen können, von welchem aus gesehen, die Berge weiter aus einander treten. Ebenso würden diese Sterne einen größeren Abstand zeigen, wenn unsere Erde einen anderen angemessenen Standpunkt im Raume einnähme. Z. B. wenn die Erde in E der eine Stern in a, der andere in b ist, so sieht man ihren Abstand nur unter dem kleinen Winkel, welchen die Linien Ea und Eb einschließen; wäre sie dagegen in E, so würde man diesen Abstand unter dem viel größeren Winkel sehen, welchen die Linien aE' und bE' einschließen. Das Zusammenstehen der zwei Sterne ist also kein wirkliches, sondern ein scheinbares, und deßwegen heißen sie optische (nur dem Auge so erscheinende) Doppelsterne. Eine solche zufällige Stellung kann aber nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit nur selten vorkommen; die meisten Doppelsterne durfte daher Herschel für physische, für wirklich nahestehende, durch eine absichtliche Anordnung der Natur mit einander verbunden halten.



Der letzte Zweifel an eine solche wirkliche Verbindung mußte aber verschwinden, wenn es nachgewiesen werden konnte, daß von dem Sternenpaare einer sich um den anderen drehe, und mit dieser glänzenden Entdeckung trat Herschel im Jahre 1803 auf, indem er 52 Doppelsterne nachwies, bei welchen wirklich in dem, seit seiner ersten Musterung des Himmels, verflossenen Vierteljahrhundert eine solche Drehung statt gefunden hatte. Ich werde hierüber sogleich ein Mehreres sagen.

Herschels Untersuchungen wurden besonders von seinem berühmten Sohne (§. 111), von einem anderen englischen

Astronomen South, im größten Maßstabe aber von Struve (§. 121) fortgeführt. Der Letztere unternahm nämlich mit dem ausgezeichneten Frauenhofer'schen Instrumente, welches die Dorpater Sternwarte im Jahre 1824 erhielt (§. 74), eine neue planmäßige Aufsuchung der Doppelsterne, welche die ganze nördliche Halbkugel und die südliche bis zum 15. Grad der Breite (§. 24) umfaßt. Im Jahre 1827 erschien sein neues Doppelsternverzeichniß, welches 3112 Sterne enthält, während man früher nur ungefähr 800 kannte. Auch Struve beschränkte seine Untersuchungen nur auf solche Doppelsterne, bei welchen der Abstand nicht über 32 Sekunden beträgt, und er schloß noch außerdem diejenigen aus, bei welchen der größte Stern geringer als von der 9ten Größe (§. 133) war. Im Jahre 1837 machte er ein neues Verzeichniß bekannt, welches neben manchen Verbesserungen der früheren Arbeit auch unentdeckte Doppelsterne enthält, andere früher aufgeführte wurden dagegen ausgeschlossen, im Ganzen enthält es 2640 Doppelsterne. Eine wichtige Ergänzung wird dieses Werk, das bedeutendste, was wir über Doppelsterne besitzen, erhalten, wenn Herschel (der Sohn) seine Beobachtungen über die Doppelsterne der südlichen Halbkugel bekannt gemacht haben wird, welche er zwischen den Jahren 1835 und 1838 am Kap der guten Hoffnung angestellt hat.

144. Schon der ältere Herschel hatte die Doppelsterne, nach dem Abstande der einzelnen Sterne von einander, in vier Klassen getheilt, je nachdem der Abstand der Sterne nicht über 4, 8, 16 oder 32 Sekunden beträgt. Struve theilt sie in acht Klassen, je nachdem der Abstand der Sterne nicht über 1, 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32 Sekunden beträgt. Jede Klasse theilt er wieder in zwei Unterabtheilungen, indem er die Doppelsterne, bei welchen keiner der beiden Sterne kleiner als von der achten Größe ist, in die eine, die übrigen in die andere Unterabtheilung setzt.

Auf diese Weise vertheilen sich die erwähnten 2640 Doppelsterne wie folgt:

			Abtheilung I.	Abtheilung II.
In der	ersten	Klasse	62	29
" "	zweiten	"	116	198
" "	dritten	"	133	402
" "	vierten	"	130	452
" "	fünften	"	54	298
" "	sechsten	"	52	179
" "	siebenten	"	54 }	. . . 429
" "	achten	"	52 }	
			653	1987

Die Frage, wie viel unter diesen 2640 Doppelsternen optische, und wie viel physische sind, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden; nur von 58 derselben kann man mit Sicherheit sagen, daß sich die Stellung der verbundenen Sterne gegen einander seit Herschels Zeit geändert hat. Indessen giebt es schon jetzt, wo diese Untersuchungen erst in ihrer Kindheit sind, mehr als einen Grund, welcher mit fast an Gewißheit grenzender Wahrscheinlichkeit darauf führt, daß die überwiegende Anzahl dieser Sternpaare wirklich physisch verbunden ist.

Schon die große Anzahl der Doppelsterne führt, wie bereits bemerkt wurde, auf diese Annahme, und es versteht sich von selbst, daß die Wahrscheinlichkeit der physischen Verbindung desto größer wird, je mehr Sterne in einem engen Raume zusammenstehen. Unter den Struve'schen Doppelsternen finden sich aber ein fünffacher (nach neueren Untersuchungen sogar sechsfacher), drei vierfache und 64 dreifache. Ferner müßte man erwarten, daß unter der viel größeren Anzahl kleiner Sterne verhältnißmäßig weit mehr Doppelsterne vorkämen als unter der geringen Zahl großer Sterne; die Erfahrung lehrt jedoch, daß im Gegentheil unter den großen Sternen weit mehr Doppelsterne vorkommen als unter den kleineren. Nach Struve findet sich unter hundert Sternen

bei der	ersten	bis dritten	Größe	18 Doppelsterne
" "	vierten	" fünften	"	13 "
" "	sechsten	" siebenten	"	8 "
" "	achten	" neunten	"	2 bis 3 "

Es scheint also ein Naturgesetz zu seyn, daß größere Sterne häufiger verbunden sind als kleine.

Ebenso müßte man erwarten, daß viel häufiger ein großer und ein kleiner Stern sich nahe ständen, als zwei große, aber

auch hiervon zeigt die Erfahrung das Gegentheil; je kleiner der Abstand der Sterne ist, desto kleiner ist auch der Unterschied ihres Glanzes. Der Fall, wo die Sterne sehr nahe stehen, müßte viel seltener vorkommen, als der, wo sie einen größeren Abstand haben, es findet aber gerade das Entgegengesetzte statt. Vergleicht man die oben gegebene Uebersicht der Struve'schen Doppelsterne, so bemerkt man, daß bei der ersten Abtheilung in den drei ersten Klassen, d. h. bis zum Abstande von vier Sekunden, 311 Doppelsterne vorkommen, während in der vierten Klasse, die den gleich großen Zwischenraum von vier bis acht Sekunden umfaßt, nur 130 vorkommen, in der fünften Klasse, bei demselben Zwischenraume von vier Sekunden, nur 54, ebenso in der sechsten nur 52, und in der siebenten und achten Klasse, von denen jede den doppelten Zwischenraum von acht Sekunden enthält, ebenfalls nur 54 und 52 Doppelsterne. Aehnlich verhält es sich bei der zweiten Abtheilung.

Wenn ein Doppelstern zugleich eine eigene Bewegung hat, so liegt in diesem Umstande ein noch sicherer Entscheidungsgrund über die Natur der Verbindung. Rücken nämlich beide Sterne gleichmäßig fort, so beweist dieß, daß sie physisch verbunden sind, entfernen sich aber von einander, ohne daß sich zugleich der eine um den anderen dreht, so müssen wir sie für optische erklären. In dem Struve'schen Verzeichnisse kommen 41 Doppelsterne vor, bei welchen die eigene Bewegung außer allem Zweifel ist. Von diesen haben vierzig seit fünfzig Jahren dieselbe eigene Bewegung, und nur bei einem, δ (delta) im kleinen Pferde, ist dieß nicht der Fall; dieser einzige ist also entschieden ein optischer Doppelstern, die übrigen sind physische. Als merkwürdiges Beispiel kann der bereits früher erwähnte Stern 61 des Schwans angeführt werden; dieser besteht aus zwei fast gleichen goldgelben Sternen von der fünften bis sechsten Größe, beide rücken jährlich um mehr als fünf Sekunden fort, und haben seit etwa achtzig Jahren immer denselben Abstand von fünfzehn Sekunden gezeigt.

145. Aeußerst merkwürdig sind die Farbenverhältnisse bei den Doppelsternen. Unter den einfachen Sternen giebt es wenig gefärbte, und bei diesen wenigen neigt sich die Farbe entschieden dem Rothen zu. So fand W. Herschel, bei seiner Musterung des Himmels, zehn rothe Sterne,

neun dunkel granatfarbene und fünf hell granatfarbene; bei manchen einfachen Sternen spielt die Farbe ins Gelbliche wie bei Procyon oder α des kleinen Hundes, oder ins Bläuliche wie bei η (Eta) der Leier. Aber einfache Sterne von entschieden grüner oder blauer Farbe hat man wohl noch nie gesehen. Bei den Doppelsternen dagegen kommen Farbenmischungen aller Art vor. Von Weiß ausgehend, was sich am häufigsten findet, zählt Struve nach der Seite des Rothen hin die Stufenfolge: Gelblich weiß, gelblich, gelb, goldgelb, roth; nach der Seite des Blauen hin die Folge: Bläulich weiß, bläulich, blau, und die Zwischenstufen: Grün in drei Abstufungen, purpurfarben und aschfarben. Unter 596 Doppelsternen, die Struve in Beziehung auf Farben untersucht hat, finden sich:

I. Mit gleichen Farben:

78 sehr weiß,
217 weiß,
27 gelblich weiß,
35 gelblich,
11 gelb oder roth,
2 goldgelb,
5 grün.

375

II. Mit ähnlichen Farben:

30 gelb und weiß,
53 weiß und blau,
13 verschieden gelb,
5 verschieden blau.

101

III. Mit ganz verschiedenen Farben:

52 gelb und blau,
52 gelb und bläulich,
16 grün und blau.

120

In dieser mannigfaltigen Zusammenstellung von Farben, ist schon jetzt, wo die Untersuchung noch ganz in ihrer Kindheit ist, die Beständigkeit mancher Verhältnisse nich zu verkennen. Wenn bei Farbenverschiedenheit die Farbe des einen Sterns blau ist, so ist dieser Stern immer der kleinere, die

gelbe Farbe dagegen kömmt bei beiden Sternen vor, und mitunter ist der kleinere Stern sogar tiefer gelb als der Hauptstern. Gleiche oder sehr ähnliche Farben kommen nur bei Sternen vor, die gleiche oder fast gleiche Lichtstärke haben. Bei gänzlich verschiedenen Farben kommt nie Gleichheit, in der Regel sogar große Verschiedenheit der Lichtstärke vor, am meisten bei grün und blau. Die Verbindungen von gelb und blau oder gelblich und bläulich sind unter allen die häufigsten.

Man ist übrigens bei Beurtheilung dieser Farben einigen Täuschungen ausgesetzt, welche der Beobachter wohl berücksichtigen muß. Abgesehen davon, daß schon der Farbensinn nicht bei allen Menschen derselbe ist, da ja bekanntlich Manche gewisse Farben gar nicht unterscheiden können, hat auch die verschiedene Höhe des Sterns über dem Horizonte und die Beschaffenheit der Luft Einfluß auf die Beurtheilung der Farbe. Besonders aber muß der Einfluß berücksichtigt werden, welchen die Farbe der Gläser und Metallspiegel, die man zur Betrachtung der Sterne anwendet, hierbei haben kann. Vergleicht man Struves Beobachtungen, die, wie früher bemerkt wurde, mit einem Frauenhofer'schen Fernrohre gemacht wurden, und die um fünfzig Jahre älteren Herschel'schen, zu welchen ein großes Spiegelteleskop diente, so ergibt sich, daß Herschel die meisten Sterne etwas röthlicher als Struve gesehen hat. Was Struve als bläulich bezeichnet, kommt bei Herschel häufig als weiß vor, so wie weiß als gelblich oder röthlich. Struve leitet diesen Unterschied aus einer schwachen röthlichen Färbung ab, die Herschels Metallspiegel hatte, da nicht anzunehmen ist, daß sich die Farben wirklich so häufig seit Herschels Zeit geändert haben sollten. In zwei Fällen ist jedoch der Unterschied zwischen Herschels und Struves Farbenbestimmung so groß, daß sie auf einer wirklichen Aenderung zu beruhen scheint. Nach Herschel besteht der Stern γ (Gamma) des Löwen aus einem größeren weißen und einem kleineren weißröthlichen, während Struve den größeren als glänzend goldfarbig, den kleineren als rothgrün bezeichnet; dem unbewaffneten Auge erscheint dieser Stern jetzt roth. Die beiden Sterne des Doppelsterns γ (Gamma) im Delphin nennt Herschel beide weiß, während sie Struve als goldgelb und blaugrün bezeichnet.

Eine Täuschung, vor welcher man sich ganz besonders hüten muß, wird durch eine merkwürdige Einrichtung des mensch-

lichen Auges hervorgerufen, welches unter Umständen die Gegenstände in Farben sieht, die denselben gar nicht eigenthümlich sind. Diese Farben, welche man zufällige oder schicklicher physiologische nennt, entstehen dadurch, daß das Auge, wenn es durch eine bestimmte Farbe lebhaft erregt wird, neben welcher sich eine farblose Fläche befindet, alsdann auf dieser Fläche eine Farbe sieht, welche mit jener einen Gegensatz bildet, oder, wie man sich auch ausdrückt, sie zu Weiß ergänzt. Man kann in dieser Beziehung blau, gelb und roth als Grundfarben ansehen, so daß orange (gelb und roth) den Gegensatz zu blau, grün (gelb und blau) den Gegensatz zu roth, violett (blau und roth) den Gegensatz zu gelb bildet. So sieht man z. B. des Morgens die Schatten auf einer weißen Wand blau gefärtb, als Gegensatz gegen das gelbrothe Morgenlicht. Gleicherweise, wenn neben einem röthlichen oder gelblichen Sterne ein weißer Stern steht, wird das Auge diesen letzteren grünlich oder violett gefärbt sehen und so in allen ähnlichen Fällen. Ist jedoch das farbige Licht sehr matt, so wird es auf die weiße Farbe des andern Sterns keinen Einfluß ausüben; daher sieht man häufig neben einem gelben oder rothen Stern einen weißen. Ein deutliches Beispiel einer solchen durch Gegensatz hervorgerufenen Farbe führt der jüngere Herschel an. Er fand einen Stern, welcher aus dreien besteht, einem großen rothen (rothgelben) und zwei kleineren blauen; verdeckte man den großen Stern, so daß man nur noch die beiden kleineren sah, so verschwand die blaue Farbe gänzlich und sie erschienen weiß. In anderen Fällen kann man sich eben so sicher überzeugen, daß die Farbe keine zufällige, sondern eine wirkliche ist. So z. B. besteht der Stern 24 im Haupthaar der Berenice aus einem größeren rothen und einem kleineren blauen. Struve hat aber bemerkt, daß man die blaue Farbe des kleinen Sterns auch dann noch sieht, wenn der rothe Stern gar nicht mehr im Fernrohre gesehen wird, sie muß also offenbar wirklich vorhanden seyn.

146. Die bedeutendste Aufmerksamkeit wird zunächst noch immer denjenigen Doppelsternen zuzuwenden seyn, bei welchen die Bewegung des einen Sterns um den anderen entschieden ist, denn diese Thatsache führt uns in ein neues höheres Gebiet der Sternkunde. Hat man früher nur von dunkelen, bloß

erleuchteten, Körpern (Planeten) gewußt, welche sich um einen selbstleuchtenden (Sonne) bewegen, so sind wir jetzt im Besitze der Einsicht, daß sich auch selbstleuchtende Körper um selbstleuchtende, Sonnen um Sonnen (§. 139) bewegen. Es kann keinen Zweifel leiden, daß auch diese Bewegung durch eine Anziehungskraft hervorgerufen wird, aber allerdings muß das Gesetz noch genauer untersucht werden, nach welchem diese Kraft wirkt. Ist es einerlei mit dem Gesetze, welches die Planeten um die Sonne treibt? herrscht also in der ganzen Fixsternwelt eine und dieselbe Anziehung? oder ist es ein besonderes? oder endlich ist es vielleicht sogar bei verschiedenen Doppelsternen ein ganz verschiedenes?

Die Lösung dieser Frage kann nur von den fortgesetzten Beobachtungen erwartet werden. Es wird zunächst darauf ankommen, die Gestalt der Bahn des sich umdrehenden Sterns und die Geschwindigkeiten, mit welchen er einzelne Theile seiner Bahn durchläuft, genauer kennen zu lernen. Zeigt der Fixstern hierin gleiches Verhalten mit den Körpern unseres Sonnensystems, so ist es auch entschieden, daß er durch dieselbe Anziehungskraft getrieben wird; im entgegengesetzten Falle ist es eben so sicher ausgemacht, daß ihn eine andere Anziehungskraft treibt, da Bewegungen, wie sie bei den Körpern unseres Sonnensystemes hervortreten, nur und immer dann zum Vorschein kommen, wenn sie eine Folge des von Newton gefundenen Gesetzes der Anziehung sind (Zehntes Hauptstück).

Eine sichere Entscheidung darf man bis jetzt von den Beobachtungen noch nicht verlangen, ihre Anzahl ist noch zu gering und die Messungsfehler, selbst wenn sie sehr klein sind, haben hier, wo es sich überhaupt nur um kleine Entfernungen handelt, schon einen sehr bedeutenden Einfluß. Man bedenke nur, daß ein Fehler von einem Zehntel einer Sekunde, bei einem gemessenen Winkel von einer Sekunde, schon den zehnten Theil des Ganzen beträgt; was daher den einzelnen Beobachtungen, der Natur der Sache nach, an Genauigkeit abgeht, das wird man erst in Zukunft durch Vervielfältigung derselben ergänzen können. Indessen machen es schon jetzt die angestellten ersten Versuche sehr wahrscheinlich, daß das von Newton gefundene Anziehungsgesetz wirklich ein allgemeines ist. Es hat sich nämlich ergeben, daß man, von diesem Gesetze

ausgehend, für mehrere Doppelsterne Bahnen berechnen kann, welche mit den bisherigen Beobachtungen sehr wohl übereinstimmen. Diese Bahnen sind Ellipsen, wie die Planetenbahnen. Auch in diesem Gebiete hat Herschel den ersten Schritt gethan, seit seiner Zeit haben sich aber nicht bloß die Beobachtungen vermehrt, sondern auch die Mittel, sie anzustellen, verfeinert, und die Art der Berechnung ist ebenfalls weiter vervollkommnet worden.

Ich will hier einige der gefundenen Ergebnisse hersetzen. Der Kürze halber werde ich den sich bewegenden Stern den Nebenstern, den anderen den Hauptstern nennen.

Der Stern γ (Gamma) der Jungfrau besteht aus zwei gelblichen Sternen der dritten Größe. Schon Bradley (§. 150) erkannte ihn 1718 als einen Doppelstern; in den Jahren 1834 bis 1836 standen die zwei Sterne so nahe, daß minder starke Fernrohre, als das Frauenhofer'sche in Dorpat (§. 74), sie nur als einen einfachen zeigten, in diesem erschien der Stern länglich, jetzt stehen sie schon wieder sehr merklich von einander entfernt. Aus den bisherigen Beobachtungen ist die Umlaufszeit zu $145\frac{1}{2}$ Jahren berechnet. Merkwürdig ist, daß nach Struve's Beobachtungen bald der eine, bald der andere Stern heller ist. Ich werde später noch mehr von solchen bei den Fixsternen vorkommenden Lichtwechseln sagen (§. 151).

Der Stern Castor oder α (Alpha) der Zwillinge besteht aus zwei grünlichen Sternen der dritten und vierten Größe, ist schon 1719 von Bradley als Doppelstern gesehen worden, die Umlaufszeit ist zu 232 Jahren berechnet.

Viel größer muß die Umlaufszeit bei dem Doppelsterne 38 der Zwillinge seyn. Er besteht aus einem gelblichen Sterne der fünften bis sechsten Größe und einem bläulichen der siebenten bis achten Größe. Seit 1783, wo ihn Wilhelm Herschel beobachtete, bis zu Bessels Beobachtung im Jahre 1831, also in 48 Jahren, hat der Nebenstern nur ungefähr den fünfzigsten Theil einer ganzen Umdrehung durchlaufen. Die Umlaufszeit scheint daher Jahrtausende zu betragen.

Dagegen gibt es auch wieder Doppelsterne mit verhältnißmäßig sehr kurzen Umlaufszeiten des Nebensterns. So z. B. ist es bei dem Sterne η (Eta) der Krone. Er besteht aus einem gelben Hauptsterne der fünften Größe und einem goldgelben Nebensterne der sechsten Größe; hier hat der Nebenstern seit

Herschels Beobachtungen im Jahre 1781 schon mehr als einen ganzen Umlauf gemacht, so daß er nicht bloß zu dem Punkte, in welchem ihn Herschel sah, zurückgekommen, sondern bereits wieder um ein Beträchtliches darüber hinaus gerückt ist. Nach den neuesten Bestimmungen beträgt seine Umlaufszeit etwas über 43 Jahre, also fast nur die Hälfte der Umlaufszeit des Uranus (§. 111).

Der Stern ξ (Ksi) des großen Bären besteht aus einem gelblichen Hauptstern der vierten und einem aschfarbenen Nebensterne der fünften Größe, die Umlaufszeit beträgt ungefähr $60^1/_2$ Jahre.

Ich habe schon bei dem Sterne Gamma der Jungfrau erwähnt, daß Hauptstern und Nebenstern so nahe zusammenrückten, daß sie selbst in starken Fernrohren nur als ein Stern erschienen. Eine solche Erscheinung ist nicht selten. Ist nämlich die Lage der Bahn des Nebensterns so beschaffen, daß er in einem Punkte derselben zwischen die Erde und den Hauptstern oder hinter diesen tritt, so wird der Hauptstern durch den Nebenstern oder dieser durch jenen verdeckt. Solche Bedeckungen eines Fixsterns durch den andern hat man bereits mehrfach beobachtet; z. B. der Stern ζ (Zeta) des Herkules besteht aus einem gelblichen Hauptsterne der dritten Größe und einem röthlichen Nebensterne der sechsten bis siebenten Größe. Im Jahre 1781 sah ihn Herschel ganz deutlich als Doppelstern, im Juli 1782 standen Haupt- und Nebensterne schon ganz nahe zusammen, im Jahre 1802 sah er nur einen Stern in verzogener Gestalt. Dagegen sah Struve wieder im Jahre 1826 beide Sterne ganz deutlich, zwischen den Jahren 1828 und 1831 nur einen Stern, später aber wieder beide Sterne. Die Umlaufszeit ist ungefähr $31^1/_2$ Jahre, die kürzeste, welche man bis jetzt bei Doppelsternen kennt.

Der Stern γ (Gamma) in der Krone besteht aus einem grünlichen Hauptsterne vierter Größe, und einem purpurfarbenen Nebenstern siebenter Größe. Im Jahre 1826 sah Struve beide Sterne, im Jahre 1832 waren sie schon nicht mehr getrennt, obgleich man noch den Unterschied der Farben sehr wohl in dem länglich erscheinenden Sterne erkennen konnte; im Jahre 1835 dagegen sah man nur einen einfachen Stern, jetzt sind wieder beide Sterne zu sehen.

Es ergiebt sich hieraus zugleich, daß man auch bei der

sorgfältigsten einmaligen Durchmusterung des Himmels nicht sicher seyn kann, alle Doppelsterne aufzufinden, sondern erst lange fortgesetzte Beobachtungen entscheiden können, ob ein Stern einfach oder aus mehreren zusammengesetzt ist.

Ich habe bisher nur solche Beispiele angeführt, wo zwei Sterne verbunden sind, ich will noch einige Fälle erwähnen, wo die Anzahl der verbundenen Sterne eine größere ist. Das merkwürdigste bis jetzt bekannte Beispiel dieser Art liefert der Stern ϑ (Theta) des Orion. Früher glaubte man, dieser Stern sei aus vier Sternen zusammengesetzt, Struve fand noch einen fünften* und Lamont (§. 109) im Jahre 1837 sogar noch einen sechsten. Alle sechs Sterne kann man mit einem Kreise umschließen, der nur 23 Sekunden im Durchmesser hat; eine Bewegung hat man an diesen Sternen noch nicht bemerkt.

Der Stern σ (Sigma) des Orion besteht aus vier Sternen, der eine vierter Größe ist weiß, der zweite siebenter Größe ist grau, der dritte siebenter bis achter Größe ebenfalls grau, der vierte zehnter bis elfter Größe weiß. Nahe dabei steht ein dreifacher Stern.

Der Stern ζ (Zeta) im Krebs ist ein dreifacher. Alle drei Sterne sind gelb, der Hauptstern fünfter Größe, die zwei Nebensterne etwas kleiner. Der nähere Nebenstern bewegt sich in ungefähr 59 Jahren um den Hauptstern, und hat daher seit Herschels Beobachtungen (1782) schon mehr als einen ganzen Umlauf gemacht. Der entferntere Nebenstern hat sich in dieser Zeit ebenfalls fortbewegt, aber, dem dritten Keppler'schen Gesetze entsprechend (§. 49), viel langsamer, er hat nur etwa den neunten Theil seiner Bahn durchlaufen.

Der Stern 11 des Einhorns ist aus drei glänzend weißen Sternen zusammengesetzt, der größte ist von der fünften, der

---

* Dieser Stern scheint einem Lichtwechsel unterworfen zu seyn. Struve selbst hat zwei Jahre hindurch nur vier Sterne gesehen, fand aber 1826 noch einen fünften von der zwölften Größe; diesen hat später auch der jüngere Herschel gesehen, gegen Ende des Dezember 1827 erschien er ihm als ein Stern der zwölften Größe, den 5. März 1828 war er nur noch von der fünfzehnten bis sechzehnten Größe, und den 11. März kaum mehr zu sehen. Uebrigens erhellt aus einer Nachricht in den älteren Verhandlungeu der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften, daß man schon 1664 diesen Stern gesehen hat.

zweite von der fünften bis sechsten, der dritte von der sechsten Größe. Seit Herschels Zeit hat sich keine Aenderung in der Stellung dieser Sterne gezeigt.

Den Stern 7 des Stiers bezeichnet Herschel als einen zweifachen Stern. Struve fand aber, daß der größere Stern wieder aus zweien besteht, die beide gelblich und von ziemlich gleicher Größe, nämlich von der sechsten bis siebenten sind. Der dritte Stern ist nur von der zehnten Größe.

Die zwei Sterne ε (Epsilon) und 5 der Leier stehen vier Minuten von einander entfernt, jeder besteht aber wieder aus zweien. Der Stern Epsilon ist nämlich aus einem grünlichen von der vierten bis fünften Größe, und einem bläulichen von der sechsten Größe zusammengesetzt; in 57 Jahren hat der kleinere Stern ungefähr den 40ten Theil einer Umdrehung durchlaufen, seine Umlaufszeit würde hiernach über 2000 Jahre betragen. Bei 5 der Leier sind beide Sterne glänzendweiß, der eine von der fünften Größe, der andere etwas kleiner; auch hier hat der Nebenstern seit Herschels Zeiten seine Lage gegen den Hauptstern geändert. Die große Nähe dieser vier Sterne macht es wahrscheinlich, daß sie zusammen ein einziges System bilden, welches wieder aus zwei engeren Systemen besteht.

Diese letztere Bemerkung führt uns zu der Vermuthung, daß wir überhaupt nur eine sehr unvollkommene Vorstellung von der wechselseitigen Verbindung der Fixsterne erlangen würden, wenn man, wie es bisher geschehen ist, sich nur auf solche Sterne beschränken wollte, deren Abstand nicht über eine gewisse Grenze hinausgeht. Man hat sehr wohl daran gethan, zuerst die engeren Doppelsterne zu betrachten, da es vorläufig besser ist, eine kleinere Anzahl von Thatsachen mit Sicherheit festzustellen, als sich durch eine größere zerstreuen zu lassen. In Zukunft wird sich hoffentlich die Anzahl der Astronomen, die an diesen Untersuchungen Theil nehmen, so beträchtlich vermehren, daß man auch die Grenzen der Forschung bedeutend erweitern können wird. Es versteht sich von selbst, daß nicht gerade nur unter denjenigen Fixsternen, welche nicht über den willkührlich gewählten Abstand von 32 Sekunden von einander entfernt sind (§. 143), wirkliche Verbindungen vorkommen werden. Auch hierin hat W. Herschel den ersten Schritt gethan, seit seiner Zeit ist aber nur wenig

hinzugekommen. Es läßt sich erwarten, daß die Ergebnisse desto merkwürdiger ausfallen werden, je größer die Anzahl der Sterne seyn wird, die unter einander verbunden sind. Man kennt gegenwärtig schon Gruppen, wo drei Doppelsterne in einem so engen Raume zusammenstehen, daß der größte Abstand nur fünf Minuten beträgt, in einem anderen Falle stehen fünf Doppelsterne innerhalb eines Raumes, welchen man mit einem Kreise von 18 Minuten Durchmesser umschließen kann. Im Sternbilde des Cepheus kömmt eine Gruppe vor, wo drei Doppelsterne neben einem dreifachen stehen, in einem Raume, welchen man mit einem Kreise von 32 Minuten Durchmesser umschließen kann. Ob sich in solchen Fällen ein Doppelstern um den anderen dreht? ist eine Frage, die erst die Zukunft entscheiden kann.

147. Das führt uns zugleich auf die sogenannten Sternhaufen. Es kömmt nämlich nicht selten vor, daß viele Sterne, zwar nicht so nahe wie die einzelnen Glieder eines Doppelsterns, aber doch in so großer Anzahl in einem engen Raume zusammengedrängt sind, daß auch sie in näherer Verbindung zu stehen scheinen. Ein solcher Sternhaufe sind die sogenannten Plejaden im Sternbilde des Stiers; das unbewaffnete Auge sieht hier sechs Sterne nahe zusammen stehen, aber schon ein mittelmäßiges Fernrohr zeigt 50 bis 60 innerhalb eines Raumes von ungefähr einem Grad im Durchmesser. Auch die unter dem Namen „Haar der Berenice" bekannte Sterngruppe (§. 131) besteht aus einer Menge Sterne. Mitunter sind in solchen Haufen die einzelnen Sterne auch so nahe zusammengedrängt, daß sie das unbewaffnete Auge gar nicht mehr einzeln erkennen kann, sondern nur einen weißen nebligen Schimmer sieht, der sich erst in einem mehr oder weniger starken Fernrohre in einzelne Sterne auflöst. So ist es bei der sogenannten „Krippe" im Sternbilde des Krebses; das unbewaffnete Auge sieht nur einen unbestimmten weißen Schimmer, in einem mäßigen Fernrohre aber zeigt sich derselbe als eine Anhäufung von etwa 30 Sternen. Viele Sterngruppen haben einen so schwachen Schimmer, daß sie überhaupt nur mit Hülfe eines Fernrohrs bemerkt werden können, und sich oft erst in sehr starken Fernrohren in einzelne Sterne auflösen. Bei einer großen Anzahl derselben ist eine regelmäßige Anordnung unverkennbar, und daher die Vermuthung,

daß sie in einer engeren Verbindung stehen, sehr begründet. Die Sterne, aus welchen sie bestehen, sind nämlich häufig gleich hell, stehen ziemlich gleich weit von einander ab, und sind in einem kreisförmigen Raume eingeschlossen. Nach einem oberflächlichen Ueberschlage kann man annehmen, daß oft zehn bis zwanzigtausend Sterne auf diese Weise zusammengedrängt sind. Vergleichen wir die einzelnen Sterne eines Doppelsterns oder vielfachen Sterns mit den Gliedern einer Familie, so könnte man die Sterne eines Sternhaufens mit den Bürgern eines Staates vergleichen. Man kennt auch ringförmige Sternhaufen, wo sich in der Mitte ein kreisförmiger dunkeler Raum befindet.

148. Ich habe es früher als eine zwar nicht ganz sichere, aber doch höchst wahrscheinliche Thatsache aufgestellt, daß bei den Doppelsternen die Bewegung eines Nebensterns um seinen Hauptstern durch das Newton'sche Anziehungsgesetz bestimmt wird (§. 146). Sollte es gelingen, mit Entschiedenheit nachzuweisen, daß dieß wirklich der Fall ist, so wird man auch an die Lösung einer anderen Frage gehen können, nämlich wie groß die Masse (§. 63) eines Doppelsterns im Verhältniß zur Masse der Erde oder der Sonne ist. Wir haben nämlich im zehnten Hauptstücke ausführlich erörtert, daß eigentlich, wenn zwei Körper sich anziehen, beide eine Bewegung annehmen, die von ihren Massen und zugleich von ihrem Abstande abhängt. Nur durften wir in dem Sonnensysteme die Massen der Planeten vernachlässigen, weil sie gegen die Sonnenmasse sehr klein sind, und uns letztere als ruhend denken (S. 167). Bei den Doppelsternen ist das Verhältniß ein anderes, denn hier ist, wie früher bemerkt wurde (§. 144), in den häufigsten Fällen die Größe, und daher wahrscheinlich auch die Masse des Haupt- und Nebensterns nicht so sehr verschieden; die Rechnung wird daher verwickelter werden; immer aber steht noch das fest, daß die Umlaufszeit des Nebensterns von der Summe seiner Masse und der Masse des Hauptsterns, außerdem von ihrem gegenseitigen Abstande abhängen wird. Umgekehrt wird man also auch, wenn dieser Abstand und die Umlaufszeit bekannt sind, daraus die Größe der Summe ihrer Massen finden können.

Die Umlaufszeit findet man durch unmittelbare Beobachtung, sie ist, nach dem Vorhergehenden, bei einigen Dop-

sternen schon ziemlich genau bekannt; den Abstand beider Sterne dagegen kann man nicht unmittelbar messen, sondern nur den Winkel, unter welchem wir ihn sehen. Um aus diesem Winkel den Abstand zu finden, muß man also noch die Entfernung des Doppelsterns von uns kennen. Und so sind wir auch bei dieser Untersuchung wieder auf die Frage nach der Entfernung der Fixsterne (§. 135) zurückgewiesen; ich will daher nun mittheilen, was die neueste Zeit zu ihrer Entscheidung beigetragen hat.

149. Nachdem Bradley vergebens die Parallaxe gesucht hatte, beruhte die Hoffnung, eine solche zu finden, noch auf zwei Voraussetzungen. Erstens war es möglich, daß Bradley bei der Auswahl der Sterne, die er beobachtet hatte, nicht gerade an diejenigen gekommen war, welche die größte Parallaxe zeigen; es konnte also seyn, daß man bei anderen Sternen eine solche entdecken würde, ohne feinere Meßwerkzeuge anwenden zu müssen, als sie ihm zu Gebot standen. Zweitens konnte man auch darauf denken, die Mittel zur Messung der Parallaxe zu verfeinern, und diese auch da zu finden, wo sie Bradley's Beobachtungen entgangen war. Beide Voraussetzungen sind in Erfüllung gegangen.

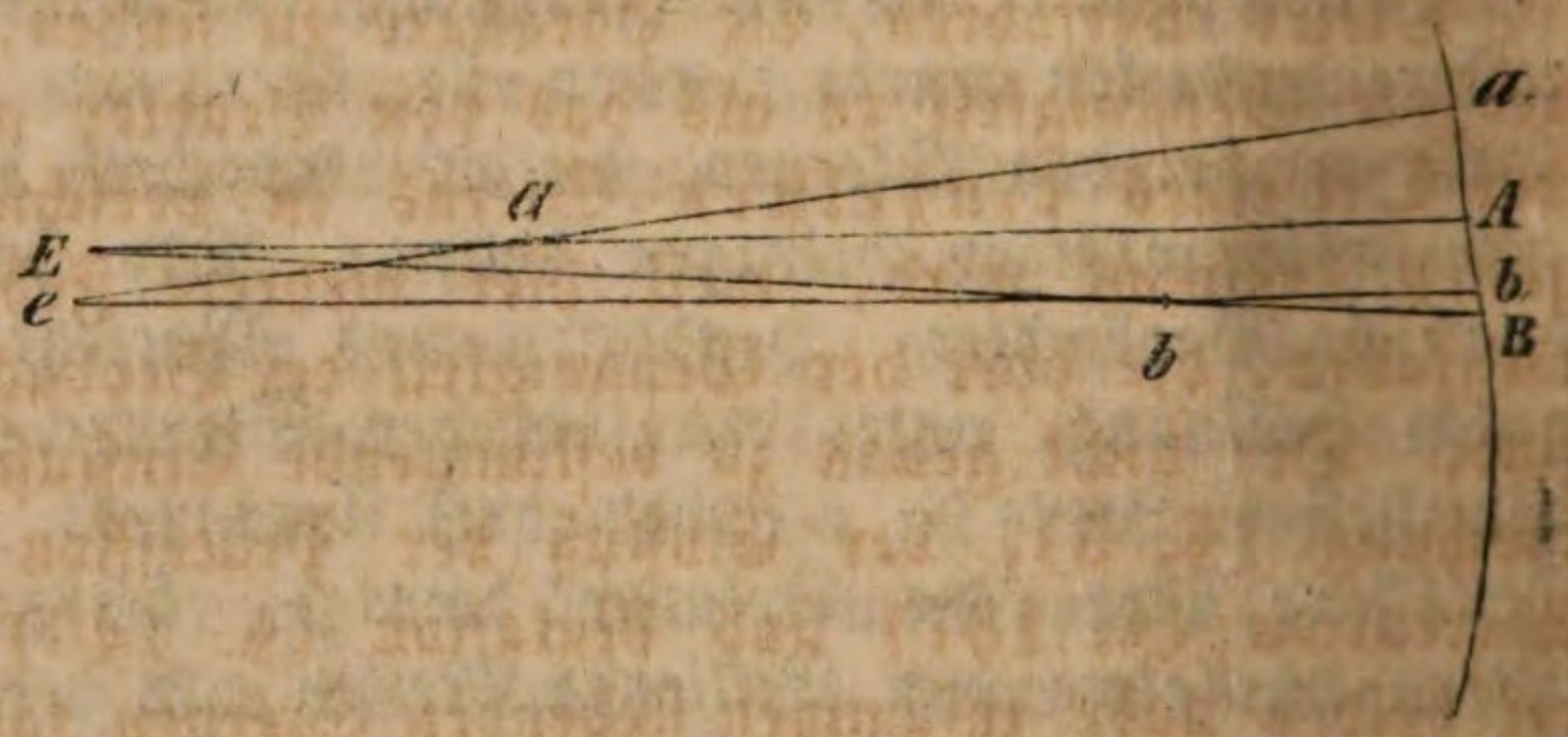
Bradley hatte die Ueberzeugung, daß er die jährliche Parallaxe entdecken würde, wenn sie über eine halbe Sekunde betrüge; bei den Sternen, die er beobachtet hatte, mußte sie also wohl weniger betragen haben. Nun haben aber zwei englische Beobachter, Henderson und Maclear, am Kap der guten Hoffnung, unter den südlichen Sternen einen gefunden, den hellen Stern α (Alpha) des Centaurs, dessen jährliche Parallaxe über eine Sekunde beträgt, hiernach kann dieser Stern nur etwa vier Billionen Meilen von uns entfernt seyn. Dieser Stern erster Größe (§. 134) hat zugleich eine sehr starke eigene Bewegung und wird von einem Sterne vierter Größe begleitet.

Schon Galilei hatte einen sinnreichen Vorschlag zur Auffindung der Parallaxe gemacht, welcher freilich damals, bei der Unvollkommenheit der Hülfsmittel, auf keinen Fall zu einem ersprießlichen Ergebnisse geführt hätte. Auch W. Herschel, der denselben Gedanken wieder aufnahm, kam noch nicht zum Ziele, und erst in neuester Zeit gelang es den zwei ausgezeichnetsten Beobachtern der Gegenwart, die zugleich mit

den trefflichsten Werkzeugen versehen waren, auf diesem Wege zu einer entscheidenden Antwort zu gelangen, die thatsächlich nachweist, daß man die Parallaxe auch dann noch finden kann, wenn sie weniger als eine halbe Sekunde beträgt.

Wir haben schon früher von dem Falle gesprochen, wo Sterne weit hintereinander stehen, aber neben einander zu stehen scheinen; dieß findet namentlich bei Sterngruppen statt, welche wir als optische Doppelsterne bezeichnet haben (§. 143). Während nun solche Sterngruppen, im Gegensatze zu den physischen Doppelsternen gar kein Interesse darbieten, wenn es darauf ankommt, die natürlichen Verbindungen der Fixsterne kennen zu lernen, während es mithin scheint, als ob wir das Vorhandenseyn optischer Doppelsterne gewissermaßen nur zu bedauern hätten, weil sie uns bei der genaueren Erforschung der physischen Doppelsterne, von welchen wir sie nicht zu scheiden wissen, nur störend in den Weg treten, so zeigt sich von der anderen Seite, daß wir in ihnen das sicherste bis jetzt bekannte Mittel besitzen, die jährliche Parallaxe zu erforschen.

Man denke sich die Sterne a und b seien weit von einander entfernt, schienen aber nahe zusammen zu stehen. Der eine Stern a würde von der Erde aus, wenn diese in dem Punkte e steht, am Punkte a, der eingebildeten Himmelskugel, der andere am Punkte b, gesehen. Nach einem Vierteljahre komme die Erde nach dem Punkte E, so wird jetzt der Stern a am Punkte A, der Stern b am Punkte B gesehen. Vermöge der Parallaxe ist also der Stern a um den Raum a, A, der Stern b um den Raum b, B fortgerückt; während die Sterne früher durch den Zwischenraum a, b, getrennt waren, sind sie jetzt scheinbar viel näher zusammengetreten, und nur noch durch den viel kleineren Zwischenraum AB getrennt, und diese Veränderung ihres Abstandes wird den feineren Beobachtungen nicht entgehen. Ist nun der Stern b so weit entfernt, daß



seine Parallaxe gar nicht meßbar ist, oder, mit anderen Worten, daß er im Laufe des Jahres seinen Ort gar nicht merklich änderte, mithin für unsere Wahrnehmung der Punkt B gar nicht vom Punkte b, zu unterscheiden ist, so darf man auch die gegenwärtige kleinere Entfernung beider Sterne bloß als Folge der Parallaxe des Sterns a ansehen. Hatten z. B. die Sterne früher einen Abstand von 4 Sekunden, jetzt aber von $3^1/_2$ Sekunden, so schließt man daraus, daß der Stern a eine jährliche Parallaxe von einer halben Sekunde hat, d. h. daß er ungefähr 8 Billionen Meilen von uns entfernt ist. Aber selbst in dem Falle, wenn die Parallaxe des Sterns b keine zu vernachlässigende Größe wäre, würde uns diese Beobachtung des veränderten Abstandes der Sterne wenigstens eine Grenze angeben, über welche hinaus die Entfernung des Sterns a nicht liegen kann. Denn wir würden sagen: da jetzt, trotz des Fortrückens des Sterns b, die zwei Sterne um eine halbe Sekunde näher zusammen gerückt sind, so muß der Stern a um mehr als eine halbe Sekunde fortgerückt seyn, seine Parallaxe muß mithin mehr als eine halbe Sekunde betragen, d. h. a ist weniger als 8 Billionen Meilen von uns entfernt.

Dieses Verfahren, die Parallaxe zu finden, läßt eine viel größere Genauigkeit zu als das von Bradley angewandte, wo der Ort eines einzelnen Sterns in verschiedenen Jahreszeiten bestimmt wird, weil hier mehrere Fehlerquellen ganz wegfallen, die dort der Genauigkeit der Beobachtung im Wege sind. Der nicht genau zu bestimmende Einfluß der Strahlenbrechung (§. 5), der Einfluß der Präcession (§. 32), der Aberration (§. 137) und Nutation (§. 140) wird nämlich bei beiden nahe zusammen stehenden Sternen fast derselbe seyn und braucht daher gar nicht berücksichtigt zu werden, da man nur den Unterschied des Ortes der Sterne, nicht diesen Ort selbst sucht.

Das Gelingen dieses Verfahrens beruht auf der unerläßlichen Bedingung, daß die Sterne nicht wirklich nahe zusammen stehen; man würde daher nur dann ganz sicher gehen, wenn man ein entscheidendes Kennzeichen hätte, um die nur optisch verbundenen Sterne von den physisch verbundenen zu unterscheiden. Ein solches fehlt uns nun freilich bis jetzt, und da es noch dazu weit mehr physische als optische Doppel-

sterne giebt (§. 144), so liegt die Gefahr sehr nahe, daß man gerade einen physischen Doppelstern wählt, und mithin eine ganz vergebene Arbeit macht. Indessen kann man sich bei der Auswahl doch durch mancherlei Ueberlegungen leiten lassen. Wir haben früher bemerkt (§. 144), daß die Wahrscheinlichkeit der physischen Verbindung desto mehr abnimmt, je weiter die Sterne von einander entfernt sind; man wird daher Sterne wählen, die nur so nahe zusammen stehen, als es dieses Verfahren überhaupt erfordert. Kann man ferner zwei Sterne ausfindig machen, die nahe zusammenstehen, sich jedoch darin unterscheiden, daß die jährliche eigene Bewegung (§. 141) des einen sehr beträchtlich, während die des anderen viel geringer oder ganz unmerklich ist, so kann man auch hieraus schließen, daß die zwei Sterne nicht physisch verbunden sind, und außerdem vermuthen, daß der erstere, wie es die gegenwärtige Untersuchung erfordert, uns viel näher steht. Hat nämlich ein Stern eine eigene Bewegung, so muß sie uns desto größer erscheinen, je näher uns der Stern ist. Freilich dürfen wir diesen Schluß nicht umkehren, wir können nicht behaupten, daß die Sterne desto näher sind, je größer ihre eigene Bewegung ist; so lange es jedoch noch kein sicheres Merkmal der größeren oder geringeren Entfernung eines Fixsterns giebt, wird man die rasche eigene Bewegung eines Sterns als ein vermuthliches Anzeichen seiner größeren Nähe betrachten dürfen.

So hatte man schon lange vermuthet, daß der Stern 61 des Schwans uns sehr nahe steht, weil er eine so sehr starke eigene Bewegung zeigt (§. 141). Bessel verglich nun diesen Stern, zwischen den Jahren 1837 und 1838, mit zwei kleinen Sternen von der neunten bis zehnten Größe, welche in seiner Nähe stehen, und wovon der eine über 7 Minuten, der andere über 11 Minuten von ihm entfernt ist, und fand hieraus, daß dieser Stern eine Parallaxe von ungefähr 35 Hundertel einer Sekunde hat. Die Entfernung des Sterns würde hiernach ungefähr 12 Billionen Meilen betragen; um diesen Raum zu durchlaufen, braucht das Licht mehr als 9 Jahre (§. 139), die Lichtstrahle, vermittelst deren wir den Stern jetzt sehen, müssen also schon vor 9 Jahren von ihm ausgegangen seyn; der Stern könnte mithin schon vor 9 Jahren

völlig vernichtet worden seyn, und wir würden ihn demungeachtet jetzt noch sehen!

Eine Größe, die in der Entfernung von 12 Billionen Meilen unter einem Winkel von fünf Sekunden erscheint, muß ungefähr 290 Millionen Meilen lang seyn; da nun dieser Stern sich jährlich um mehr als fünf Sekunden fortbewegt, so folgt daraus, daß er in dieser Zeit mehr als 290 Millionen Meilen durchläuft.

Schon früher (§. 144) wurde bemerkt, daß dieser Stern ein Doppelstern ist, und daß der Abstand des Hauptsterns von Nebensterne, so weit unsere Beobachtungen reichen, immer derselbe geblieben ist, nämlich 15 Sekunden, wiewohl letzterer seine Lage gegen ersteren geändert hat. Hieraus dürfen wir vorläufig vermuthen, daß die Bahn des Nebensterns fast kreisförmig ist, und der Durchmesser dieser Bahn uns unter einem Winkel von 30 Sekunden erscheint. Hieraus ergibt sich, daß die wahre Größe dieses Durchmessers mehr als 1700 Millionen Meilen beträgt. Die Umlaufszeit des Nebensterns konnte bis jetzt aus der kleinen Zahl vorhandener Beobachtungen noch nicht genau bestimmt werden, man kann aus seiner bisherigen Bewegung nur so viel erkennen, daß diese Umlaufszeit nicht unter 500 Jahren seyn wird. Ist sie einmal genauer bestimmt, so wird man auch im Stande seyn, die Masse dieses Doppelsterns zu berechnen (§. 148). An diesem Beispiele sieht man, wie viel Aufschlüsse über die Doppelsterne von den zukünftigen Forschungen zu erwarten sind.

Struve hat schon, etwas früher als Bessel, auf ähnlichem Wege versucht, die Parallaxe des glänzenden Sterns Vega oder α der Leier zu finden, welchen er mit einem Sterne elfter Größe verglich, der 43 Sekunden davon absteht. Er fand aus Beobachtungen, die freilich weder so zahlreich noch so genau als die Bessel'schen sind, eine Parallaxe von etwa 26 Hundertel einer Sekunde, was auf eine Entfernung von beinahe 16 Billionen Meilen führt, eine Länge, welche das Licht erst in mehr als 12 Jahren durchläuft.

Man hat auch noch bei einigen anderen Sternen die Parallaxe zu bestimmen gesucht; das meiste werden die späteren Astronomen thun müssen. Vorläufig ist es schon ein großer Gewinn, zu der Ueberzeugung gelangt zu seyn, daß die Entfernung der Fixsterne nichts Unerreichbares mehr ist. Wir

wissen jetzt, daß sie wirklich eine Parallaxe zeigen, hierdurch ist nicht bloß ein Haupteinwurf gegen das Kopernikanische System thatsächlich widerlegt, sondern wieder ein neuer Beweis für die Richtigkeit desselben gefunden (§. 44), und wir sehen jetzt ein, warum die älteren Astronomen mit ihren unvollkommenen Meßwerkzeugen vergeblich die jährliche Parallaxe suchten.

150. James Bradley, unstreitig einer der größten Astronomen der neueren Zeit, wurde im Jahre 1692 zu Scherborne, in der englischen Grafschaft Glocester, geboren. So reich sein Leben an wissenschaftlichen Ergebnissen ist, eben so arm ist es an sonstigen merkwürdigen Ereignissen. Zum geistlichen Stande bestimmt, studirte er in Oxford Theologie, und wurde im Jahre 1719 zum Priester geweiht. Noch in demselben Jahre erhielt er eine einträgliche geistliche Stelle, allein die Liebe zur Sternkunde bewog ihn, eine Laufbahn zu verlassen, auf welcher ihn, nach englischen Verhältnissen, sehr glänzende Hoffnungen erwarteten, und sich ganz jener Wissenschaft zu widmen. Durch seinen Onkel, James Pound, der selbst ein sehr guter Astronom war, unterstützt und ermuntert, fing Bradley in dessen Hause an den Himmel zu beobachten, und kam bald mit den bedeutendsten Männer seiner Zeit, einem Newton, Halley und Anderen, in Berührung. Im Jahre 1721 wurde er zum Professor der Sternkunde in Oxford ernannt, und nicht lange darauf begann er die Untersuchungen, welche ihn auf die Entdeckung der Aberration führten (§. 137).

Im Jahre 1741 erhielt er die Stelle eines königlichen Astronomen an der Sternwarte von Greenwich, wo er bis ans Ende seines Lebens blieb; durch die Freigebigkeit des Königs Georg des Zweiten, kam er hier in den Besitz vortrefflicher Instrumente, welche von den bedeutendsten Künstlern Englands angefertigt wurden, und in seiner Hand bis zu einer bis dahin unbekannten Genauigkeit der astronomischen Bestimmungen führten. Hier in völliger Abgeschlossenheit von der Außenwelt, und nur seiner Wissenschaft lebend, brachte er eine Masse Beobachtungen zusammen, deren Menge in Erstaunen setzt, wenn man bedenkt, daß sie das Werk eines einzigen Mannes sind. Im Jahre 1747 machte er seine Entdeckung der Nutation bekannt (§. 140), nachdem er 20 Jahre lang die darauf abzielenden Beobachtungen fortgesetzt hatte. Zwei Jahre vor seinem Tode fingen seine Geisteskräfte an

abzunehmen, nachdem er bis dahin unermüdlich gearbeitet hatte; er wurde von der Besorgniß gequält, er möchte kindisch werden. Dieß Unglück traf ihn nun zwar nicht, allein sein Körper wurde immer schwächer, bis er am 13. Juli 1762 starb.

Bradley war sehr bescheiden, wohlwollend, frei von Selbstsucht und Eitelkeit, wortkarg, wiewohl er sehr gut sprach, zurückhaltend mit seinen Bekanntmachungen, wiewohl er sehr klar schrieb. Alles, was er während seines Lebens durch den Druck veröffentlicht hat, besteht in wenigen Aufsätzen, die den Schriften der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften einverleibt sind. Seine dreizehn Foliobände füllenden Beobachtungen, die er handschriftlich hinterließ, kamen an die Universität Oxford, wo sie lange als ein vergrabenes Gut lagen, bis sie endlich erst allmählich in diesem Jahrhundert bekannt gemacht wurden. Auf Bradley's Beobachtungen gründen sich fast alle neueren astronomischen Tafeln, doch ist ihr ganzer Werth erst durch Bessel zur vollen Anerkennung gekommen, der, wie er sich selbst ausdrückt, viele Jahre seines Lebens auf die Verarbeitung der von Bradley hinterlassenen Schätze gewandt hat.

Darf man folgender Erzählung Glauben schenken, so würde sie Bradley's Uneigennützigkeit nicht minder als seine Liebe zur Wissenschaft bezeichnen. Die Königin soll sich einstmals bei einem Besuche der Sternwarte nach seinem Einkommen erkundigt haben und, da sie es zu gering fand, geäußert haben, sie wolle sich für die Verbesserung seiner Stelle verwenden. Zu ihrem Erstaunen bat aber Bradley, sie möchte es nicht thun, „damit nicht die Stelle eines königlichen Astronomen, wenn sie erst eine einträgliche wäre, auch an Unberufene käme." Gewiß ist, daß ihm, nachdem er schon längere Zeit in Greenwich war, die sehr einträgliche Pfarrstelle an diesem Orte angeboten wurde, die er jedoch ausschlug, weil er, wie er sagte, fürchtete, daß die Pflichten des Astronomen den Pflichten des Geistlichen im Wege stehen möchten. Der König setzte ihm hierauf einen jährlichen Gehalt von 250 Pfund Sterling aus.

151. Ich habe im Vorhergehenden gelegentlich von einem Lichtwechsel der Fixsterne gesprochen (§§. 134, 146), dieser Gegenstand verdient aber noch eine besondere Besprechung. Die Alten scheinen gar Nichts davon gewußt

zu haben, wiewohl diese Erscheinung an vielen Sternen, ohne Hülfe des Fernrohrs, beobachtet werden kann. So weit unsere Nachrichten reichen, wurde sie zuerst im 17ten Jahrhundert bekannt. David Fabricius, Prediger zu Ostell in Ostfriesland,* bemerkte im Jahre 1596 einen Stern dritter Größe im Sternbilde des Wallfisches, den er aber später nicht wieder finden konnte, und daher für wirklich verschwunden hielt. Allein im Jahre 1638 wurde dieser Stern wieder von einem holländischen Astronomen Holwarda gesehen, und seit dieser Zeit weiß man, daß er einen sich wiederholenden Lichtwechsel hat, wozu er ungefähr 332 Tage braucht. Lange war dieser Stern, welcher *o* (Omicron) des Wallfisches genannt wird, der einzige, bei dem man einen solchen Lichtwechsel kannte, weswegen er auch den Namen der „wunderbare" (mira) erhielt. Seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts sind aber durch die Bemühungen verschiedener Astronomen viele Sterne bekannt geworden, welche ähnliche Erscheinungen zeigen. Es ist merkwürdig, daß manche derselben weder, wenn sie ihre größte Helligkeit erreicht haben, jedesmal in derselben Größe erscheinen, noch bei ihrer stärksten Lichtabnahme jedesmal bis zu derselben Kleinheit herabsinken. So erscheint der erwähnte Stern im Wallfisch, bei seiner größten Helligkeit, gewöhnlich als ein Stern der zweiten Größe, bleibt so vierzehn Tage, nimmt dann drei Monate ab, bis er zuletzt ganz unsichtbar wird, in diesem Zustande verharrt er fünf Monate, wird dann wieder sichtbar, und nimmt während drei Monate wieder zu, bis er in den letzten 14 Tagen von Neuem als Stern zweiter Größe erscheint.

Zuweilen erreicht er aber selbst das Licht der Sterne erster Größe, während er mitunter selbst in seinem stärksten Lichte nur als Stern vierter Größe erscheint. Beiläufig bemerkt, ist dieser Stern stark roth, und Struve konnte die rothe Farbe selbst dann noch erkennen, wenn er nur noch in starken Fernrohren sichtbar war.

Uebrigens scheint die Dauer seines Lichtwechsels, wie dieß auch bei anderen veränderlichen Sternen der Fall ist, nicht immer ganz regelmäßig zu seyn. Zuweilen erscheint er einige

---

* Er war der Vater von Johann Fabricius, welcher die Sonnenflecken entdeckte (§. 76).

Tage früher, zuweilen einige Tage später, als man es erwarten sollte, im stärksten Glanze.

Der Stern β (Beta) in der Leier hat sogar während 12 Tage 21 Stunden und etwas mehr als 53 Minuten einen doppelten Lichtwechsel. Zweimal nimmt sein Licht während dieser Zeit so lange ab, bis er kleiner als ein Stern der vierten Größe erscheint, das eine Mal jedoch noch mehr abnimmt als das andere Mal, und zweimal wächst er wieder, bis er jedesmal dieselbe Größe, und zwar fast die eines Sterns der dritten Größe erreicht, jedoch beharrt er das zweite Mal viel länger in diesem Glanze als das erste Mal. Beide Lichtzunahmen und die zweite Lichtabnahme gehen sehr rasch von statten, die erste Lichtabnahme etwas langsamer. Zugleich liegen die Zeitpunkte, in welchen er seine größte und kleinste Lichtstärke erreicht, fast genau um die Hälfte der ganzen Dauer des Lichtwechsels auseinander. Es scheint aber, als ob diese Zeitdauer immer länger würde.

Unter den bekannten veränderlichen Sternen hat ein Stern in der Wasserschlange die längste Zeitdauer des Lichtwechsels, sie beträgt ungefähr 494 Tage, in welcher Zeit der Stern von der vierten Größe bis zur Unsichtbarkeit abnimmt; die kürzeste Zeitdauer kommt dagegen bei dem Stern Algol oder β (Beta) des Perseus vor, sie beträgt, bis auf einen Bruchtheil einer Sekunde, genau 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 58 Sekunden, und scheint seit der Entdeckung seiner Veränderlichkeit, die zuerst ein Engländer, Goodricke, im Jahre 1782 bemerkte, um $^3/_4$ Sekunden abgenommen zu haben. Fast 2 Tage 13 Stunden erscheint der Stern in der zweiten Größe, nimmt dann während ungefähr $3^1/_2$ Stunden so stark ab, daß er zuletzt nur noch als Stern vierter Größe erscheint, in den nächsten $3^1/_2$ Stunden aber wieder so schnell zu, daß er am Ende dieser Zeit wieder in der zweiten Größe erscheint.*

---

* Vielleicht mag es manchen Leser befremden, wie es möglich sei, die Dauer des Lichtwechsels bis auf einen Bruchtheil einer Sekunde genau zu bestimmen, da doch hierzu keine feinen Meßwerkzeuge, sondern nur Schätzungen mit dem unbewaffneten Auge angewandt werden. Freilich wäre auch eine so scharfe Bestimmung unmöglich, wenn man den Lichtwechsel nur selten beobachten könnte, aber eben weil man es sehr oft thun kann, ersetzt die Menge, was der einzelnen Beobachtung an Genauigkeit abgeht. Man sei z. B. bei der Schätzung

Manche haben die Ursache dieses Lichtwechsels darin gesucht, daß diese Sterne von dunkelen Planeten umkreist werden, die zuweilen zwischen uns und den Stern treten, und uns dann sein Licht ganz oder theilweise entziehen. Andere nehmen an, die Gestalt der veränderlichen Sterne sei nicht kugelförmig, sondern linsenförmig, außerdem hätten sie eine drehende Bewegung um eine Achse; je nachdem sie uns nun ihre breite oder schmale Seite zukehrten, müßten sie uns bald größer, bald kleiner erscheinen. Wieder Andere glauben, daß die Naturthätigkeit, welche das Licht dieser Sterne hervorbringt, bald kräftiger, bald schwächer wirke. Am einfachsten erklärt sich die Erscheinung aber, wenn man annimmt, daß nicht alle Theile dieser Sterne gleich stark leuchten, und daß sie sich um eine Achse drehen, mithin uns bald die helleren, bald die weniger hellen Stellen zukehren. Etwas Aehnliches haben wir schon früher bei den Trabanten des Jupiter (§. 106) und dem siebenten Trabanten des Saturn (§. 109) gefunden. Bedenkt man ferner, daß ein Fixstern, unsere Sonne nämlich, ausgemachter Weise wirklich eine solche Achsendrehung

---

des Zeitpunktes, in welchem Algol sein größtes Licht wieder erlangt, um eine halbe Stunde ungewiß, so daß er um eine Viertelstunde früher oder später eintreten könnte, als man ihn ansetzt. Man habe nun an einem gewissen Tage beobachtet, daß der Stern um zehn Uhr Abends sein größtes Licht erreichte, am dritten folgenden Tage habe man ihn Abends um 6 Uhr 45 Minuten wieder zuerst in seinem größten Lichte gesehen, so wird man hieraus zunächst schließen, daß die Dauer des Lichtwechsels 2 Tage 20 Stunden 45 Minuten beträgt. Hätte man nun den Eintritt des größten Lichtes bei der ersten Beobachtung um eine Viertelstunde zu spät, bei der zweiten um eine eben so viel zu früh angesetzt, so würde die Dauer 2 Tage 21 Stunden 15 Minuten betragen, hätte man dagegen umgekehrt, das erste Mal den Eintritt des größten Lichtwechsels um eine Viertelstunde zu früh, das zweite Mal um eben so viel zu spät angesetzt, so würde die wahre Dauer nur 2 Tage 20 Stunden 15 Minuten betragen, man ist also innerhalb einer Stunde über die Dauer des Lichtwechsels ungewiß. Jedenfalls weiß man aber nun, daß der Stern, um seinen Lichtwechsel 12 mal zu vollenden, nicht ganz 35 Tage braucht. Gesetzt, man hätte nun, nachdem 34 Tage 9 Stunden 36 Minuten seit der ersten Beobachtung verflossen sind, wieder den Eintritt des größten Lichtes beobachtet, so würde man, indem man den 12ten Theil dieser Zeit nimmt, hieraus schließen, daß die Dauer des Lichtwechsels 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten beträgt. Wäre nun der Eintritt des größten Lichtes bei der ersten Beobachtung um eine Viertelstunde früher,

hat (§. 77), so erscheint es ganz natürlich, etwas ähnliches auch bei anderen Fixsternen anzunehmen; ja wir dürfen sogar vermuthen, daß alle Fixsterne eine Achsendrehung haben, und uns die meisten nur deswegen immer gleich hell erscheinen, weil alle Stellen, die sie uns allmählich zukehren, auf gleiche oder wenig verschiedene Weise leuchten. Die Ungleichheiten in der Dauer des Lichtwechsels und der Größe, welche der veränderliche Stern erreicht, ließen sich etwa durch Schwankungen ihrer Drehungsachse erklären. Aber jedenfalls werden die Beobachtungen noch lange fortgesetzt werden müssen, ehe man etwas Entschiedenes über die Beschaffenheit der veränderlichen Sterne auszusprechen im Stande seyn wird; und da diese Beobachtungen leicht anzustellen sind, indem sie weder starke Fernrohre noch feine Meßwerkzeuge, ja nicht einmal sehr genaue Uhren voraussetzen, so können sie allen Liebhabern der Sternkunde als ein Gegenstand empfohlen werden, an welchem sie sich mit ersprießlichem Erfolge für die Wissenschaft bethätigen können.

Manche Sterne haben fortwährend ab oder zugenom-

---

bei der zweiten um eben so viel später gewesen, so daß mithin die dazwischen verflossene Zeit 34 Tage 10 Stunden 6 Minuten betrüge, so würde sich nun dieser Unterschied von einer halben Stunde auf 12 durchlaufene Lichtwechsel vertheilen, und die Dauer eines einzigen würde 2 Tage 20 Stunden 50′/₂ Minuten seyn, so wie sie umgekehrt nur 2 Tage 20 Stunden 45¹/₂ Minuten seyn würde, wenn man das erste Mal den Eintritt des größten Lichtes um eine Viertelstunde zu früh, das zweite Mal um eben so viel zu spät beobachtet hätte. Die Ungewißheit über die wahre Dauer des Lichtwechsels ist also jetzt schon in den engen Grenzen von 5 Minuten eingeschlossen; jedenfalls weiß man aber nun, daß der Stern, um 120 mal seinen Lichtwechsel zu durchlaufen, ungefähr 344 Tage braucht. Gesetzt, man hätte den Stern, nachdem seit der ersten Beobachtung 344 Tage 2 Stunden verflossen sind, wieder sein größtes Licht erreichen sehen, so würde man hieraus, wenn man den 120ten Theil dieser Zeit nimmt, die Dauer des Lichtwechsels zu 2 Tage 20 Stunden 49 Minuten berechnet, da man sich aber bei der ersten, wie bei der letzten Beobachtung, um eine Viertelstunde geirrt haben kann, so vertheilt sich nun der Irrthum von einer halben Stunde auf 120 Lichtwechsel, bringt also für jeden einzelnen nur 15 Sekunden, um welche die wahre Dauer eines Lichtwechsels kürzer oder länger seyn kann. Jetzt ist man also schon bis auf 30 Sekunden über diese Dauer im Klaren, und man sieht nun, wie man sie, bei einer noch größeren Beobachtungsreihe, bis auf Bruchtheile einer Sekunde genau erhalten kann.

men, und es bleibt daher bis jetzt zweifelhaft, ob sie ebenfalls zu diesen veränderlichen Sternen zu zählen sind, nur daß die Zeitdauer ihres Lichtwechsels eine so lange wäre, daß man bisher noch keinen Rückgang aus der Abnahme des Lichtes in eine Zunahme oder umgekehrt, beobachten konnte. Dahin gehören α (Alpha) in der Wasserschlange, welcher von älteren Beobachtern als Stern erster Größe beschrieben wird, jetzt aber nur zwischen der zweiten und dritten Größe ist; ebenso ist es bei dem Sterne β (Beta) des Löwen. Dagegen wird der Stern Atair oder α des Adlers von älteren Astronomen als Stern zweiter Größe beschrieben, während er jetzt unzweifelhaft erster Größe ist (§. 134). Der Stern η (Eta) im Schiffe Argo wurde von Halley im Jahre 1680 als ein Stern vierter Größe bezeichnet, Lacaille (§. 131) beschreibt ihn 1752 als einen Stern zweiter Größe, und so sah ihn auch der jüngere Herschel, bei seinem Aufenthalte am Kap der guten Hoffnung noch im November 1837, am 15. Dezember dagegen erschien er als ein Stern erster Größe, und nahm bis zur Mitte des Januar fortwährend an Glanz zu, so daß er dem sehr hellen Sterne α des Centaur an Glanz gleich kam, später aber nahm sein Glanz wieder ab.

Noch merkwürdiger sind die Fälle, wo früher unbekannte Sterne plötzlich in hellem Glanze erschienen und wieder verschwanden, oder doch nur noch als kleine Sterne zu sehen sind. Die Erscheinnng eines solchen Sterns soll zuerst Hipparch veranlaßt haben, sein Sternverzeichniß zu verfertigen (S. 106); auch von anderen ähnlichen Erscheinungen haben wir Nachrichten aus älteren Zeiten, die jedoch sehr unzuverlässig sind. Gewiß aber ist es, daß im Jahre 1572 sich plötzlich ein Stern im Sternbilde der Cassiopea zeigte; Tycho de Brahe (§. 45) sah ihn zuerst am 11. November, aufmerksam gemacht durch einen Zusammenlauf von Menschen, welchen die neue Erscheinung bereits aufgefallen war. Der Stern übertraf sogleich bei seiner Entdeckung Jupiter und Venus an Glanz, und war sogar am Tage sichtbar, im Dezember fing er wieder an abzunehmen, und im März 1574 war er gänzlich verschwunden, auch haben die später entdeckten Fernrohre, selbst die besten der Gegenwart, nie wieder eine Spur desselben angedeutet. Nach alten Nachrichten soll auch in den Jahren 945 und 1264 ein neuer Stern in der Cassiopea erschienen

seyn, freilich wird nicht genauer angegeben an welcher Stelle; wollte man aber annehmen, daß es nur frühere Erscheinungen desselben Sterns waren, so würde daraus folgen, daß er ein veränderlicher ist, bei welchem die Zeit des Lichtwechsels zwischen 308 und 320 Jahre beträgt, und man hätte ihn daher gegen das Ende unseres Jahrhunderts wieder zu erwarten.

Im Jahre 1600 sah Keppler (§. 50) einen Stern im Sternbilde des Schwans, welcher in Tycho de Brahe's Sternverzeichniß nicht vorkommt; neunzehn Jahre lang sah er ihn an derselben Stelle als Stern dritter Größe, hierauf nahm das Licht des Sterns ab, bis er im Jahre 1621 gänzlich verschwand. Im Jahre 1655 sah Cassini (§. 109) diesen Stern von neuem, fünf Jahre hindurch nahm sein Licht zu bis er die dritte Größe erreichte, dann wurde er wieder kleiner. Darauf sah ihn Hevel (§. 94) wieder im Jahre 1665, doch erreichte er die dritte Größe nicht. In den Jahren 1677, 1682 und 1715 wurde er als ein Stern der sechsten Größe gesehen und so zeigt er sich noch jetzt.

Am 10. Oktober 1604 fand Keppler am linken Fuße des Schlangenträgers einen neuen Stern, welcher plötzlich so hell wurde, daß er die Sterne erster Größe an Glanz übertraf. Sein Licht nahm aber bald wieder ab, im Januar 1605 war er noch etwa so hell wie Arkturus oder α des Bootes, im März glich er einem Sterne dritter Größe, und im Oktober wurde er ganz unsichtbar, ist auch später nicht wieder gesehen worden.

Im Juni 1670 entdeckte der Pater Anthelm am Kopfe des Fuchses einen Stern dritter Größe, im August war er nur noch von der fünften Größe und verschwand dann völlig. Im März 1671 erschien er als Stern vierter Größe wieder. Hevel fand ihn im März des folgenden Jahres als Stern sechster Größe, seit welcher Zeit er nicht wieder beobachtet worden ist.

Sind auch diese plötzlich aufleuchtenden und wieder verschwindenden Sterne zu den veränderlichen zu zählen, so daß später Jahrhunderte wieder denselben Lichtwechsel bemerken werden? oder sind sie großen Umwälzungen unterworfen, die mit starken Lichtentwickelungen verknüpft sind? Dieß sind Fragen, auf welche bis jetzt die Antwort gänzlich fehlt.

Zwanzigstes Hauptstück.

152. Der breite weiße Lichtstreifen, welcher sich am Himmel von Ostnordosten nach Westsüdwesten hinzieht, und besonders in heiteren mondlosen Herbst- und Winterabenden gut gesehen werden kann, ist schon seit uralter Zeit unter dem Namen der Milchstraße bekannt. Er umgiebt die Himmelskugel fast wie ein kreisförmiger Gürtel, und geht nach der Ordnung durch die Sternbilder: Cassiopea, Perseus, Fuhrmann, Orion, Zwillinge, Schiff Argo, Centaur, Altar, Scorpion, Schütze, Schlangenträger, Adler, Schwan und Cepheus. Bei dem Schwan, wo dieser Lichtstreifen sehr breit und glänzend ist, spaltet er sich in zwei Theile, die von einander getrennt, etwa den dritten Theil des Himmels durchlaufen, der eine durch die Sternbilder Gans, Schlangenträger und Scorpion, der andere durch den Fuchs, Pfeil und Adler ziehend, und sich dann beim Altar wieder vereinigen. Die Breite der Milchstraße ist an verschiedenen Stellen sehr verschieden, an manchen beträgt sie nur fünf Grade, an anderen dagegen zehn bis sechzehn. Ebenso mannigfaltig ist die Stärke des Lichtglanzes, einzelne Stellen sind sogar völlig dunkel, wie z. B. in der Cassiopea, besonders aber in der südlichen Halbkugel, wo einige selbst dunkeler als der übrige Nachthimmel erscheinen, und eben deswegen von Seefahrern den Namen Kohlensäcke erhalten haben. An anderen Stellen laufen einzelne Aeste seitwärts aus, die sich nicht wieder mit dem Hauptzuge vereinigen, der größte am südlichen Kreuze, welcher durch den Centauren und den Wolf zieht und etwa 30 Grade lang ist.

So erscheint die Milchstraße dem unbewaffneten Auge, in Fernrohren betrachtet erstreckt sie sich aber noch über einen viel größeren Raum.

Schon unter den griechischen Denkern haben einige die Ansicht geäußert, die Milchstraße sei nichts Anderes als der zusammenfließende Glanz vieler kleiner Sterne, welche zu weit von uns entfernt seien, um noch einzeln unterscheidbar zu seyn. Nach Erfindung des Fernrohrs ergab sich wirklich, daß einzelne Theile der Milchstraße, durch ein solches betrachtet, sich in viele Tausend kleine auflösten; aber immer blieb noch ein weißer schimmernder Grund, welcher vermuthen ließ, daß

die Auflösung in Sterne noch nicht vollendet sei. Je mehr sich das Fernrohr vervollkommnete, desto besser gelang auch die Auflösung, aber tiefer als alle seine Vorgänger erforschte W. Herschel das Wesen der Milchstraße durch die Kraft seiner großen Teleskope (§. 74). Nach seinen Untersuchungen besteht die ganze Milchstraße aus einer sehr großen Anzahl dicht gedrängter kleiner Sterne, die durch deren einzelne Theile sehr ungleich vertheilt sind, nach einem Ueberschlage sich aber im Ganzen auf etwa 20 Millionen belaufen. In dem stärksten Fernrohre erscheint jedoch noch immer der Grund der Milchstraße weißlich schimmernd, und es bleibt mithin die Vermuthung, daß die Auflösung in einzelne Sterne noch immer nicht vollendet ist. Herschel hat es sogar versucht, die Anzahl der Sterne an einzelnen Stellen zu zählen, indem er nämlich das Teleskop an solchen Stellen vorüberführte und die Zahl der Sterne bestimmte, die sich in dem Raume befanden, welchen er mit einem Male übersehen konnte. So fand er z. B., daß ein Streifen von 15 Grad Länge und 2 Grad Breite über 50000 noch unterscheidbare Sterne enthielt. Ein anderer Streifen, der nicht ganz drei Grad breit und ungefähr $3^3/_4$ Grad lang war, in der Gegend des Adlers, enthielt etwa 100000 Sterne, die Zahl der Sterne, welche in der hellen Stelle zwischen β (Beta) und γ (Gamma) des Schwans stehen, schätzte er auf 260000.

Ein anderes Ergebniß der Herschel'schen Untersuchung über den Bau der Milchstraße ist das merkwürdige Verhältniß der Anzahl der Sterne in den verschiedenen Gegenden des Himmels. Die größeren, dem bloßen Auge sichtbaren Sterne sind nämlich in der Nähe der Milchstraße nicht viel häufiger als in anderen Gegenden, ganz anders aber verhält es sich mit den kleinen teleskopischen Sternen; je näher man der Milchstraße kömmt, desto mehr solcher Sterne finden sich in gleich großen Räumen, ohne daß sich jedoch bis jetzt ein bestimmtes Gesetz der Zunahme angeben ließe. Nur an manchen Stellen findet sich, gerade wie in der Milchstraße selbst, eine Lücke. So z. B. ist in dem Scorpion eine Stelle, welche wenigstens vier Grad beträgt, in der sich aber nur wenige kleine Sterne befinden.

Warum wir aber gerade in der Milchstraße ein so großes Gedränge von Sternen sehen, und warum sie immer seltener

werden, je weiter man von ihr am Himmel fortgeht? diese Frage beantwortete Herschel durch eine Annahme, welche mit den Erscheinungen sehr wohl übereinstimmt; er sagt nämlich: Alle einzeln sichtbaren Sterne nebst der Milchstraße bilden zusammen ein großes Sternsystem, welches nicht kugelförmig, sondern vielmehr linsenförmig ist, so daß die Sterne nach einer Richtung in viel größerer Tiefe hintereinander stehen, als nach der darauf senkrechten. Mit anderen Worten: Die Länge und Breite dieses Sternsystems beträgt viel mehr als dessen Dicke. Unser Sonnensystem befindet sich aber ungefähr in der Mitte dieses Sternsystems; sehen wir daher nach der Richtung der Länge dieses Sternsystems, so erblickt das Auge eine große Reihe hinter einander liegender Sterne, von welchen wir die entfernteren schwer oder gar nicht mehr einzeln wahrnehmen, sondern nur ihren vereinten Schimmer sehen, und dieß verschafft uns den Anblick der Milchstraße. Je weiter sich aber das Auge von der Milchstraße entfernt, desto weniger Sterne liegen auch in der Richtung, die es durchdringt, hinter einander, daher treten die Sterne mehr vereinzelt hervor, und nach der Richtung der Dicke, wo die Anzahl der hinter einander stehenden Sterne die kleinste ist, sehen wir auch nothwendig am wenigsten. In der Milchstraße selbst sind die Sterne, wie schon bemerkt wurde, nicht auf gleiche Weise vertheilt; an manchen Stellen zeigen sich dichtere gedrängtere Sternhaufen. Diese hätte man als kleinere in engerer Beziehung stehende Systeme zu betrachten, die sich innerhalb des großen Sternenlagers gebildet haben, etwa so wie ein Planet nebst seinen Trabanten zwar zum Sonnensysteme gehört, aber innerhalb desselben mit diesen dennoch ein engeres System bildet. Solche Sternhaufen zeigen sich in der Milchstraße unter den verschiedensten Gestalten. Manche gleichen einem Haken, andere bilden ein gleichseitiges Dreieck, andere ein Viereck, bei einigen ist sogar das Streben nach der Kreisform sichtbar.

Der jüngere Herschel hat die Bemerkung gemacht, daß eine Stelle der Milchstraße bei dem südlichen Kreuze, zwischen Sirius oder α des großen Hundes und Antares oder α des Skorpions, sich nicht bloß durch weit stärkeren Glanz vor den übrigen Stellen auszeichnet, sondern daß auch die Zahl der kleinen Sterne, die man dort mit freiem Auge erblickt, viel

größer ist, als an irgend einer anderen Stelle des Himmels. Dieß ließe sich durch die Annahme erklären, daß unsere Sonne nicht genau in der Mitte des großen Sternlagers, sondern näher bei jener Stelle steht.

So einfach auch Herschel's Ansicht das Wesen der Milchstraße im Ganzen erklärt, so bleibt doch noch manche Frage übrig. Woher die früher erwähnte Theilung? woher die Lücken? woher die auslaufenden Aeste? Man hat auch diese Erscheinungen durch mancherlei Annahmen zu beantworten gesucht, indessen wird man wohl thun, sich vorläufig keine bestimmte Ansicht zu bilden, wo noch so vieles durch die fortgesetzten Beobachtungen künftiger Astronomen entschieden werden muß.

153. Durch die Auflösung der Milchstraße in einzelne Sterne, sehen wir das Gebiet der Sternkunde ins Ungeheuere erweitert; unsere große Sonne ist nur ein einzelnes Mitglied einer Genossenschaft von vielen Millionen Sonnen, von welchen die zunächst zusammenstehenden doch wahrscheinlich durch Zwischenräume von Billionen Meilen getrennt sind, die am weitesten abstehenden sich aber in Entfernungen befinden, welche wir nicht mehr messen, kaum mit dem Fluge unserer kühnsten Einbildungskraft erreichen können. Und dennoch sind wir noch nicht bis zu den Grenzen unserer Erfahrungen über den Bau des Weltgebäudes vorgedrungen. Haben wir nämlich bis jetzt nur von Sternen gesprochen, so zeigt uns die Beobachtang, daß es Gebilde am Himmel giebt, auf welche dieser Name gar nicht mehr paßt; mit diesen Betrachtungen geht die Sternkunde in die Himmelskunde über.

Schon das unbewaffnete Auge bemerkt mehrere Stellen am Himmel, die sich durch ihren weißen Schimmer sehr kenntlich von dem übrigen dunkelen Grunde unterscheiden; mit einem noch nicht sehr starken Fernrohre kann man schon eine bedeutende Anzahl solcher Stellen entdecken, die einen ähnlichen Schimmer, wie die Milchstraße, zeigen, und ihres nebelhaften Aussehens wegen, Nebelflecke genannt werden. Sie kommen in den mannigfaltigsten Größen und Formen vor, bald ziehen sie Grade weit fort, bald ist ihr Durchmesser nur wenige Sekunden groß, bald sind sie vollkommen rund, bald ohne irgend eine Andeutung einer regelmäßigen Gestalt. Der Gedanke liegt nahe, daß auch diese Gebilde, wie die

Milchstraße, nichts anderes als weit entfernte Sternlager sind, und wirklich lösen sich manche derselben, durch mehr oder minder starke Fernrohre betrachtet, in einzelne Sterne auf. Dieß sind weit entfernte Milchstraßen, die uns wegen ihres großen Abstandes als kleine Flecken erscheinen, dieß sind die Sternhaufen, von welchen früher die Rede war (§. 147). Bei anderen gelingt diese Auflösung zwar nicht so vollkommen, daß man die einzelnen Sterne noch unterscheiden kann, aber ihr Aussehen ändert sich doch in starken Fernrohren so auffallend, daß man vermuthen muß, sie würden sich in einzelne Sterne auflösen, wenn man noch stärkere Instrumente anwenden könnte. Bei einer sehr beträchtlichen Zahl aber zeigt sich nicht die geringste Spur einer Auflösbarkeit, wie stark auch immer das Fernrohr sei, durch welches man sie betrachtet.

Schon einige ältere Beobachter haben mehrere Nebelflecke beobachtet und beschrieben, besonders Messier (S. 318 Anmerk.), welcher ein Verzeichniß von 101 Nebelflecken und Sternhaufen nebst genauer Angabe ihres Ortes geliefert hat. Aber auch in diesem Gebiete ist alles, was seine Vorgänger geleistet haben, nur ein schwacher Anfang im Vergleich zu Herschel's Arbeiten, welcher vierzig Jahre lang die Nebelflecke planmäßig untersuchte und 2500 solcher Gebilde gemessen, beschrieben, und ihren Ort genau bestimmt hat. Ja es scheint sogar, als ob er an dem Theile des Himmels, welchen er übersehen konnte, den späteren Beobachtern nur eine geringe Nachlese zurückgelassen hätte, denn sein Sohn, welcher eine neue Durchmusterung des Himmels, in Beziehung auf Nebelflecke unternahm, fand nur 500, mit wenigen Ausnahmen sehr kleine und lichtmatte, welche sein Vater nicht aufgezeichnet hatte, 1800 vom älteren Herschel beobachtete, fand er wieder, die übrigen 700 aber nicht. Dagegen wissen wir noch wenig über die Nebelflecke des südlichen Himmels, werden aber wahrscheinlich reiche Aufschlüsse darüber erhalten, sobald der jüngere Herschel seine am Kap der guten Hoffnung angestellten Beobachtungen bekannt gemacht haben wird.

154. Nach des älteren Herschel Ansicht sind die Nebelflecke keineswegs alle von gleicher Beschaffenheit, müssen vielmehr in verschiedene Klassen vertheilt werden. Die erste Klasse bilden die Nebelflecke, welche nur ein äußerst mattes Licht haben, das jedoch über alle Theile des Nebels gleich-

förmig verbreitet ist, so daß die Ränder nicht weniger hell sind als die Mitte. Diese Nebel sind nur in guten Fernrohren sichtbar, aber wie stark ein solches auch sei, immer zeigt es nur einen gleichförmigen nebeligen Schimmer. Bei der zweiten Klasse wird dieser gleichförmige Schimmer nicht mehr angetroffen, vielmehr bemerkt man eine oder mehrere Stellen, die sich durch ein besonderes helles Licht auszeichnen. Im Allgemeinen sind die Nebel dieser Klasse viel kleiner als die der ersten, aber wie diese auch durch die besten Instrumente nicht auflösbar. Bei einer dritten Klasse zeigt sich nur eine einzige helle Stelle, aber diese ist viel glänzender als die hellen Stellen der zweiten Klasse, dagegen ist sie viel kleiner, so wie überhaupt die zu dieser Klasse gehörenden Nebel viel kleiner als die der zwei ersten sind. Solche Nebel sieht man nie einzeln, sondern immer in großen Gruppen, was sie ganz besonders auszeichnet. In der Regel sind an den Stellen, wo solche Nebelgruppen stehen, wenig oder gar keine Sterne zu sehen, gleichsam, als ob die Nebel sie aufgesogen hätten, und die wenigen einzelnen, meistens großen, Sterne, die man dort bemerkt, stehen wahrscheinlich mit den Nebeln in gar keiner Verbindung. Auch diese Nebel sind nicht auflösbar, dagegen ist schon bei ihnen das Streben nach einer regelmäßigen Gestaltung bemerkbar; die Ränder sind nicht mehr, wie bei den früheren Klassen, unbestimmt und verwaschen, sondern scharf abgeschnitten, und der sie umgebende Himmelsgrund erscheint ganz dunkel. In die vierte Klasse gehören die Nebelflecke, welche in einer regelmäßigen Gestalt erscheinen, die jedoch sehr mannigfaltig seyn kann. Bald erscheinen sie rund, bald eiförmig, andere bilden ein Dreieck oder ein Viereck und so noch mancherlei andere Figuren, die durch Beschreibung nicht zu erschöpfen sind. Zwei besonders merkwürdige Nebel aus dieser Klasse hat der jüngere Herschel beschrieben. Der eine ist ein breiter, heller, runder Nebel, welcher in beträchtlichem Abstande von einem doppelten Ringe umgeben wird und sogleich an Saturn mit seinen Ringen erinnert (§. 108). Der andere besteht aus zwei sehr hellen runden Nebeln, die durch einen eben so hellen schmalen Nebelstreif verbunden sind; eine weniger helle nebelige Masse umzieht die beiden Nebel in der Gestalt einer Ellipse (§. 18), deren kleine Achse durch die Mittelpunkte beider Nebel geht.

Dieses Gebilde ist einzig in seiner Art, sonst aber ist die Verbindung mehrerer deutlich gestalteter Nebel nichts seltenes. So beschreibt der ältere Herschel zwei kleine fast ganz gleiche Nebel, welche hart neben einander stehen; ihre Trennungslinie ist gleichsam ausgezackt, aber die Vertiefung an dem einen Nebel paßt genau in die Hervorragung des anderen, als wären sie von einander geschnitten worden. An einer anderen Stelle sieht man wieder zwei Nebel, die an Licht sehr verschieden sind; der eine ist hell und fast rund, der andere trübe und wie eine längliche Birne geformt, und wendet seine Spitze nach dem ersten Nebel hin. Es hat fast das Ansehen, als ob der hellere Nebel den anderen aussöge und ihm sein Licht entzöge. Bei dem Sterne γ (Gamma) des Pegasus befindet sich ein dreifacher Nebel; drei kleine Nebel, die ein Dreieck bilden, sind durch drei lichtschwache schmale Nebelstreifen verbunden. Bei dem Sterne 5 in dem Haupthaare der Berenice stehen sogar sechs Nebel in einem kleinen kreisförmigen Raume zusammen.

Die Aehnlichkeit zwischen solchen Doppelnebeln und vielfachen Nebeln einerseits, und den Doppelsternen und vielfachen Sternen andererseits, fällt von selbst in die Augen. Alle die mannigfaltigen Zusammenstellungen, in Beziehung auf die gegenseitige Lage, Abstand und Helligkeit der einzelnen Glieder, die wir bei den Doppelsternen bemerkt haben (§. 143, 144), finden sich bei den Doppelnebeln wieder. In einigen Fällen sind beide Nebel, der Größe, dem Glanze und der Gestalt nach, völlig gleich, in anderen Fällen ist der Glanz verschieden, selten aber auch die Gestalt. Unter 2300 Nebelflecken zählt der jüngere Herschel: 146 Doppelnebel, 25 dreifache, 10 vierfache, einen fünffachen und zwei sechsfache. Dieß berechtigt uns, aus ähnlichen Gründen, wie wir sie schon bei den Doppelsternen ausgeführt haben, zu dem Schlusse, daß auch hier die Verbindung in den meisten Fällen eine *wirkliche* und nicht eine scheinbare nur durch die Stellung der Nebel hervorgerufene ist, daß also die meisten Doppelnebel, wie die meisten Doppelsterne, *physische* und nicht optische sind. Unmöglich kann man annehmen, daß Nebel, die in Wahrheit weit von einander entfernt sind, so häufig fast in dieselbe Richtung gegen uns gekommen sind, und noch dazu Nebel von derselben Gestalt, wie sie sich selbst bei einzeln-

stehenden Nebeln selten findet. Ob auch hier sich ein Glied um das andere dreht? ob vielleicht beide im Raume zusammen fortrücken? die Beobachtung hat bis jetzt für die Beantwortung dieser Frage Nichts gethan; vor Allem wird es nöthig seyn, den Abstand der Glieder eines Doppelnebels und die wechselseitige Lage derselben genau zu bestimmen, und so öffnet sich hier wieder ein großes Feld für spätere Forscher.

155. Die Nebel, welche zur fünften Klasse gehören, haben eine völlig abgerundete Gestalt, sind in der Regel viel kleiner und heller als die der vorhergehenden Klassen, und ihr Licht nimmt regelmäßig gegen die Mitte zu. Diese stufenweise Zunahme unterscheidet sie von den Nebeln der sechsten Klasse, welche ebenfalls völlig rund sind, bei welchen aber der größte Theil der Fläche, vom Rande nach der Mitte hin, lichtmatt, und beinahe ganz gleich stark leuchtend, erscheint, während sich in der Mitte plötzlich eine kleine, sehr helle, scharfbegrenzte Lichtscheibe zeigt, ohne daß zwischen dem matten Lichte der äußeren Theile und dem Glanze dieses Kernes eine vermittelnde Zunahme der Helligkeit zu bemerken wäre. Diese Nebel hat Herschel sternartige Nebel genannt. In die siebente Klasse gehören die Nebel, welche Herschel planetarische Nebel nennt. Sie haben nämlich ganz das Aussehen eines Planeten, sind rund oder ein wenig eiförmig, in einigen Fällen scharf begrenzt, in anderen nur wenig an den Rändern verwaschen, ihr Licht ist in der ganzen Ausdehnung gleichförmig und zugleich sehr stark, zuweilen dem der Planeten an Lebhaftigkeit völlig gleich. Wiewohl diese Nebel viel kleiner sind als die der vorhergehenden Klassen, müssen sie dennoch mitunter eine ungeheuere Ausdehnung haben. Man hat nämlich bis jetzt noch an keinem Nebelfleck eine jährliche Parallaxe bemerkt, und muß daraus schließen, daß sie uns nicht näher als die Fixsterne stehen. Nun findet sich z. B. ein planetarischer Nebel in der Nähe des Sterns ν (Ny) im Wassermann, welcher einen Durchmesser von ungefähr 20 Sekunden hat, nimmt man seine Entfernung zu 8 Billionen Meilen, so ergiebt sich, daß die wahre Größe dieses Durchmessers ungefähr 800 Millionen Meilen, also etwa so viel als der Durchmesser der Uranusbahn (§. 111) beträgt. Ein anderer planetarischer Nebel im Sternbilde der Andromeda hat einen scharf begränzten Durchmesser, welcher

unter einem Winkel von 12 Sekunden erscheint, und daher bei derselben Voraussetzung etwa 470 Millionen Meilen groß seyn muß. Das Licht, welches diese mächtigen Körper ausströmen, muß aber jedenfalls viel schwächer seyn, als unser Sonnenlicht, denn, wenn man sich aus der Sonnenscheibe ein rundes Stück von 20 Sekunden im Durchmesser herausgeschnitten denkt, so würde dieß so viel Licht geben, als etwa hundert Vollmonde, während man den erwähnten Nebel im Wassermann nicht mehr mit unbewaffnetem Auge sieht.*

Eine achte Klasse bilden die Körper, welche in der Mitte zwischen Nebelflecken und Sternen stehen und daher Nebelsterne heißen. Sie sind nämlich eine Verbindung von einem Sterne und einer nebeligen Masse, die sich auf mannigfaltige Art zeigen kann. Oft steht ein deutlich ausgebildeter Stern, gerade in der Mitte eines runden matten Nebels, oder besser gesagt, einer zarten Lichthülle, die sich nach allen Seiten hin allmählich verliert; in anderen Fällen ist der Stern nur mit einem Nebelringe umgeben. Dann giebt es auch Fälle, wo der den Stern einhüllende Nebel nach beiden Seiten hin in zwei Arme ausläuft, die fast gleich groß sind und meistens in einer und derselben Linie liegen. Manche Sterne sind wieder nur auf einer Seite mit Nebel verbunden, so z. B. schließt sich an einem kleinen hellen Stern ein Nebel, der sich wie ein Fächer entfaltet; von einem anderen laufen mehrere Nebeläste in gleicher Richtung fort u. s. w. Solche Nebelsterne haben häufig ganz das Aussehen von Kometen, so daß man sich erst längere Zeit von ihrer Unbeweglichkeit überzeugt haben muß, um sie nicht mit solchen zu verwechseln.

In einem besonders merkwürdigen Verhältnisse stehen sehr häufig auch die Doppelsterne zu den Nebeln. So erwähnt z. B. der jüngere Herschel einen Fall, wo zwei Sterne von der neunten bis zehnten Größe um 15 Sekunden von einander abstehen und sich in den Brennpunkten einer Ellipse

---

* Der jüngere Herschel hat bei seinen Beobachtungen am Kap der guten Hoffnung einen planetarischen Nebel entdeckt, dessen Licht dem eines Sterns der siebenten Größe gleich kömmt und entschieden blau ist. Diese Farbe entsteht nicht durch einen Gegensatz (§. 145), sondern ist auch bei Entfernung alles übrigen Lichtes bemerkbar.

befinden, die von einem die Sterne umgebenden Nebel gebildet wird. Die Ausdehnung dieses Nebels muß sehr beträchtlich seyn, da die große Achse der Ellipse 50 Sekunden beträgt. In einem anderen Falle bilden drei Sterne ein gleichseitiges Dreieck, und stehen in der Mitte eines kleinen runden Nebels, der sie auf allen Seiten umgiebt. Ferner steht ein Doppelstern in der Mitte eines leeren Raumes, der von einem breiten unregelmäßig gebildeten Nebel umschlossen wird; der Nebel ist durch drei Spalten, die von der Mitte nach dem Umkreis gehen, in drei Theile getheilt, und die Richtungen dieser Spalten treffen in dem Doppelsterne zusammen. Alle diese Formen, zu welchen sich noch manche andere hinzufügen ließen, sind zu regelmäßig, als daß man dem Gedanken Raum geben könnte, man sähe hier nur ein zufälliges Zusammentreffen eines Nebels und eines Sterns, der weit hinter ihm stände und nur durchschimmerte oder sich auch vor demselben befände, vielmehr muß man in so außerordentlichen Fällen eine wirkliche Verbindung zwischen Stern und Nebel voraussetzen. So erwähnt der ältere Herschel einen Nebel, welcher eine Menge dichtgedrängter Sterne umhüllt, die alle dunkelroth sind, während die benachbarten Sterne ihre gewöhnliche weißgelbe Farbe haben. Zuweilen sind auch die Doppelsterne zwar nicht von Nebel umhüllt, aber doch durch einen Nebelstreifen, der sich von dem einen zu dem anderen hinzieht, verbunden. Z. B. zwei Sterne der neunten und elften Größe sind durch einen sehr schwachen Nebelstreifen verbunden, oder an den beiden Enden eines langen schmalen Nebelstreifen steht ein heller und ein schwächerer Stern, und nahe bei dessen Mitte sind noch zwei schwache Sterne zu sehen.

Wo aber die Sterne nicht eine besonders merkwürdige Stellung gegen den Nebel haben, sondern sich nur in demselben befinden, hat man allerdings keinen Grund, besonders bei großen Nebeln, eine wirkliche Verbindung zwischen Stern und Nebel zu vermuthen, vielmehr ist es dann weit wahrscheinlicher, daß ihre Verbindung bloß eine optische (§. 143) ist. Denn rechnet man die Zahl der kleinen Sterne, welche noch in einem starken Fernrohre zu sehen sind, auch nur zu 10 Millionen, so ist leicht zu finden, daß durchschnittlich, wenn der Durchmesser eines Nebels 4 bis 5 Minuten beträgt, sich innerhalb des Raumes, den er einnimmt, auch ein

Stern zeigen wird. Der ältere Herschel hat auch einmal die Ansicht geäußert, es könne seyn, daß es im Weltraume einen dünnen Stoff gäbe, der nicht selbst leuchte, sondern von einem dahinter stehenden Sterne beleuchtet würde, etwa so wie Wolken von dem dahinter stehenden Monde; unter dieser Voraussetzung wären also manche Nebel, die einen Stern umgeben, mit den sogenannten Mondhöfen vergleichbar. Zur Unterstützung dieser Ansicht bemerkt er, daß gerade im Sternbilde des Orion, durch welches sich ein sehr großer Nebelfleck zieht, die Nebelsterne sehr häufig vorkommen, und zwar bei Sternen der verschiedensten Größe. Indessen würden sich keinesfalls alle die merkwürdigen, früher erwähnten Beziehungen zwischen Stern und Nebel hieraus erklären lassen.

Der jüngere Herschel hat noch die Bemerkung gemacht, daß sehr häufig kleine Fixsterne ganz nahe bei planetarischen Nebeln stehen, und daran die Vermuthung geknüpft, es könnte sich in diesen Fällen der Stern um den Nebel als seinen Centralkörper bewegen. Auch hierüber wird die Zukunft entscheiden, wenn man fortgesetzte Beobachtungen über die Lage des Sterns gegen den Nebel machen wird.

Vielleicht ist auch unsere Sonne ein Nebelstern, und das früher (§. 78) besprochene Zodiakallicht nichts anderes als der den Kern umgebende Nebel.

In die neunte und letzte Klasse gehören die schon früher (§. 153) erwähnten auflösbaren Nebel, die sich in Fernrohren als eine Sammlung von Sternen zeigen, oder wenigstens dann durch ihren Anblick die Vermuthung an die Hand geben, daß sie sich in noch stärkeren Fernrohren in einzelne Sterne auflösen würden. Wären diese Nebel uns näher, so würden sie uns als Sternhaufen (§. 147) erscheinen. Die größten Nebelflecke, die wir kennen, sind die sogenannten Kapwolken, in der Nähe des Südpols, die man mit unbewaffnetem Auge sieht; sie sind bis jetzt noch wenig untersucht.

156. Der ältere Herschel ist durch seine Beobachtungen über die Nebelflecke zu folgenden kühnen Schlüssen geführt worden. Er sagt: Der völlig ausgebildete Stern ist nur die letzte Stufe einer Reihe von Umbildungen, welche er zuerst durchlaufen muß, und die verschiedenen Gebilde, die wir am Himmel sehen, sind nichts anderes als Sterne auf verschiedenen Stufen ihrer Entwickelung. Alle Sterne entstehen näm-

lich aus einem leuchtenden Urstoffe, welcher sich, so zu sagen, noch ganz unverarbeitet in den Nebelflecken der ersten Klasse zeigt. Sobald sich diese verdichten, bilden sich in ihnen einzelne Kerne, welche allen benachbarten Lichtstoff an sich ziehen, und daher heller erscheinen; so entstehen die Nebel der zweiten Klasse, die, eben dieser Verdichtung wegen, kleiner sind, als die der ersten Klasse. Haben sich die Kerne in diesen Nebeln so weit verdichtet, daß sie von einander losgetrennt erscheinen, so entstehen die Nebel der dritten Klasse. Die Kerne haben alsdann allen benachbarten Stoff an sich gezogen, daher erscheint in ihrer Nähe der Himmel ganz rein und dunkel. So kann man auch umgekehrt fast immer mit Sicherheit darauf rechnen, daß da, wo der Himmel ganz dunkel und sternleer ist, auch Nebellager anzutreffen sind. Dieß ist z. B. bei der früher erwähnten Lücke im Skorpion §. 152 der Fall, an deren westlicher Seite ein großer Nebelfleck liegt.

Schreitet nun die Verdichtung fort, so nehmen die Nebel eine bestimmte Gestalt an, die, je nachdem die Anziehungskräfte verschieden wirken, auch verschieden ausfallen kann, so entstehen die Nebel der vierten Klasse. In der fünften Klasse tritt schon das Streben einer Zusammenziehung nach dem Mittelpunkte hin deutlich hervor, und in der sechsten Klasse ist dieß bereits so weit gediehen, daß sich schon alle dichtere Masse um den Mittelpunkt herum gesammelt hat, und nur noch die dünnsten Theile am äußeren Umfange geblieben sind. Haben sich nun endlich die Massen um den Mittelpunkt herum hinlänglich verdichtet, so erblickt man in der Mitte den vollendeten Stern, von Nebel umgeben, so sieht man den Nebelstern. Hat sich der Nebelfleck in der Mitte so rasch zusammengezogen, daß die äußeren Theile nicht folgen konnten, dann bleiben die letzteren als Nebelring übrig; hat sich dagegen der Nebel auf einer Seite ganz in den Mittelpunkt hineingezogen und auf der anderen nicht, so sieht man den Stern nur noch auf einer Seite mit Nebel umgeben. Auf ähnliche Weise erklären sich alle anderen Verbindungen von Stern und Nebel. Zuweilen liegt zwischen der sechsten Klasse und dem Nebelsterne noch eine Mittelstufe, wo nämlich zuerst sich aller Nebel von den äußeren Rändern nach dem Mittelpunkte hin gezogen und

dann verdichtet hat; in diesem Falle entstehen die planetarischen Nebel, welche die siebente Klasse bilden. Von den Nebelsternen ist nun der nächste Uebergang zu den reinen Sternen, bei welchen aller noch übrige Nebel eingesogen und in den Kern aufgenommen ist. Da, wo aus neben einander gelagerten Nebeln viele Sterne entstanden, die nahe genug waren, um eine starke gegenseitige Anziehungskraft auszuüben, entstanden die Sternhaufen; auch diese erblickt man in verschiedenen Stufen der Ausbildung, und je mehr sich ihre Gestalt der kreisförmigen (kugelförmigen) nähert, desto näher scheinen sie auch ihrer vollendeten Ausbildung zu seyn.

157. So tief gedacht auch diese Ansichten Herschels über die Ausbildung der Himmelskörper sind, so ist es doch sehr fraglich, ob sie wirklich dem Walten der Natur entsprechen. Die verschiedenen mehr oder weniger ausgebildeten Formen, die bald größere, bald geringere Lichtstärke, welche er an den verschiedenen Bildungen nachgewiesen hat, lassen freilich keinen Zweifel darüber übrig, daß diese wirklich auf verschiedenen Stufen der Ausbildung stehen. Eine ganz andere Frage aber ist die, ob die minder ausgebildeten Massen, wie Herschel glaubt, allmählich eine höhere Vollkommenheit erlangen, oder ob es nicht im Plane der Schöpfung liegt, daß jeder Gegenstand, welchen wir am Himmel erblicken, in dem Grade der Ausbildung verharren soll, den er sogleich bei seiner Entstehung erhalten hat, und mithin der vollkommen reine Stern ebensowohl ein ursprüngliches Naturgebilde ist wie die unförmlichste Nebelmasse? Wenigstens läßt sich in den uns bekannten irdischen Wesen kein Uebergang aus einer niedrigeren Klasse in eine höhere nachweisen, wiewohl es den Naturforschern gelungen ist, zu zeigen, wie in der Pflanzen- und Thierwelt sich stufenweise in den höheren Klassen die Ausbildung in immer größerer Vollkommenheit entfaltet. Anders verhielte sich die Sache, wenn sich durch die Beobachtung darthun ließe, daß irgend ein bestimmter Nebelfleck seine Gestalt oder seine Lichtstärke geändert hätte; allein dieß möchte sehr schwer seyn. Bei so feinen Gegenständen kommt zunächst sehr viel auf die Beschaffenheit des Fernrohrs an; betrachtet man denselben Nebel in derselben Nacht mit verschiedenen Instrumenten, so kann er in so verschiedener Gestalt erscheinen, daß man ihn kaum für denselben Gegenstand hält; be-

trachtet man ihn in verschiedenen Nächten mit demselben Instrumente, so kann auch der verschiedene Zustand der Luft sehr große Aenderungen in seinem Aussehen hervorbringen. Mit noch weniger Sicherheit lassen sich die Nachrichten verschiedener Beobachter vergleichen. Denn mit Worten, die Gestalt und Beschaffenheit eines Nebelflecks genau zu beschreiben, ist durchaus unmöglich, man muß daher zu Zeichnungen seine Zuflucht nehmen. Bedenkt man aber, wie schwer es ist, solche Gegenstände treu nachzuahmen, da noch dazu der Astronom selbst nicht immer ein guter Zeichner ist, und sich daher fremder Hülfe bedienen muß, und wie selten die Zeichnungen wieder treu auf die Platten übertragen werden, so kann man sich nicht wundern, wenn die verschiedenen Abbildungen solcher Gegenstände stark von einander abweichen, und darf daraus noch gar nicht den Schluß ziehen, daß die Gegenstände wirklich ihre Gestalt geändert haben.

Einer der merkwürdigsten Nebelflecke ist der im Orion, seine Gestalt ist sehr unregelmäßig, ein Theil ist sehr blaß und schlecht begrenzt, während der andere, in welchem sich auch der früher erwähnte sechsfache Stern befindet (§. 146), ein sehr starkes Licht wirft. Einzelne längere und kürzere Nebelstreifen laufen von ihm aus und erscheinen zum Theil vom Ganzen getrennt. Alle Beobachter stimmen darin überein, daß er nicht zu den auflösbaren gehört. Huyghens (§. 110) der ihn zuerst im Jahre 1656 entdeckte, gab drei Jahre später eine Abbildung desselben, und bemerkt, daß sich seine Gestalt in dieser Zeit durchaus nicht verändert habe; später ist er vielfach beobachtet und gezeichnet worden, aber alle diese Abbildungen sind, nach dem Urtheile des jüngeren Herschel, so unvollkommen, daß sie durchaus keinen Aufschluß über mögliche Veränderungen geben können. Es ist daher ein unschätzbarer Gewinn für die Wissenschaft, daß dieser ausgezeichnete Beobachter selbst eine vortreffliche Abbildung des Nebels, wie sich dieser in seinem großen Teleskope zeigt, bekannt gemacht hat; späteren Beobachtern wird sie einen sicheren Haltpunkt gewähren, wenn über Aenderungen in dem Nebel geurtheilt werden soll.

Der ältere Herschel will mit Bestimmtheit mehrfache Aenderungen in diesem Nebel gesehen haben; einige Sterne, die in dessen Nähe stehen, waren bald in nebeligen Duft gehüllt,

bald wieder frei, auch die Gestalt des Nebels soll nicht dieselbe geblieben seyn. Wäre es nicht vermessen, alle diese Beobachtungen eines so ausgezeichneten Forschers ohne weiteres für bloße Täuschungen zu erklären?

Nach dem Orionsnebel ist der Nebel in der Andromeda bei dem Stern *v* (Ny) einer der merkwürdigsten, er ist ebenfalls nicht in Sterne auflösbar, und zwar der erste dieser Art, der überhaupt gefunden worden ist. Wiewohl er bei heiterem Wetter schon mit unbewaffnetem Auge zu sehen ist, kennt man ihn doch erst seit dem Jahre 1612, wo ihn ein deutscher Astronom, Simon Mayer, entdeckte. Nach dessen Beschreibung gleicht der Nebel einem Lichte, welches durch Horn scheint, d. h. das Licht des Nebels nimmt nach der Mitte hin an Helligkeit zu. Cassini (§. 109) sagt, der Nebel sei dreieckig, dagegen versichert Legentil (§. 81, Anmerkung), er habe ihn viele Jahre völlig rund gesehen, später aber sei er ihm eiförmig erschienen, zugleich bemerkt er, das Licht sei in allen Theilen des Nebels gleichförmig. Nach der Beschreibung des jüngeren Herschel dagegen ist der Nebel eiförmig, und sein Licht nimmt stufenweise von dem äußeren Umfange nach der Mitte hin zu, wo es plötzlich einen sehr starken Glanz zeigt, ohne daß dieser hellere Theil einen scharf begränzten Umriß hätte.

Der Leser wird aus dem Vorhergehenden die Ueberzeugung erhalten haben, daß unsere Kenntniß der Nebelflecken noch in ihrer ersten Kindheit ist, und in der That ist es kein Wunder, da wir alles, was wir darüber wissen, eigentlich nur den Bemühungen zweier Männer, der beiden Herschel, verdanken. Freilich gehören zu solchen Beobachtungen sehr lichtstarke Instrumente, wie sie bis jetzt nur einer kleinen Zahl Astronomen zu Gebot stehen; weniger kömmt auf die Vergrößerung an, da die Durchmesser, selbst der kleineren Nebelflecke, in der Regel so beträchtlich sind, daß man schon bei einer 200 bis 300 fachen Vergrößerung nicht mehr den ganzen Nebel mit einem Male im Fernrohre übersehen kann.

Spätere Forscher werden sich die Aufgabe stellen zu untersuchen, ob die Nebelflecken, ähnlich wie die Fixsterne, meßbare jährliche Parallaxen zeigen (§. 135), woraus sich denn weiter entscheiden lassen wird, ob sie uns näher als die Fixsterne oder weiter als diese von uns entfernt sind. Ferner,

ob sie im Raume fortrücken, und ob sich bei den Doppelnebeln (§. 154) ein Glied um das andere dreht. Zu allen diesen Untersuchungen wird es nöthig seyn, den Ort des Nebels genau zu bestimmen, was allerdings bei diesen ausgedehnten und verwaschenen Formen viel schwieriger ist, als bei den leuchtenden Pünktchen der Sterne.

158. Laplace (§. 69) hat einen Gedanken über die Ausbildung unseres Sonnensystems geäußert, welcher mit den Ansichten Herschel's über die allmähliche Ausbildung der Nebel zu nahe verwandt und zugleich zu scharfsinnig ist, als daß ich ihn ganz mit Stillschweigen übergehen sollte.

Es ist schon früher davon die Rede gewesen, daß die Planeten in vielen Einzelnheiten gleiches Verhalten zeigen (§. 112). Alle bewegen sich von Westen nach Osten um die Sonne, und ihre Bahnen sind sämmtlich nur wenig gegen die Erdbahn geneigt, eben so bewegen sich die Trabanten, abgesehen von der in §. 111 erwähnten Ausnahme, von Westen nach Osten um die Planeten. Die Sonne, die Planeten und Trabanten, so weit ihre Achsendrehung bekannt ist, drehen sich alle von Westen nach Osten. Ferner nähern sich die Bahnen der Planeten und Trabanten der Kreisform, während die Kometen meistentheils sehr gestreckte Ellipsen beschreiben. Diese Uebereinstimmung in so mancherlei Beziehungen scheint auf eine gemeinschaftliche Ursache zu deuten, und diese ließ sich vielleicht in folgender Vorstellung finden.

Man denke sich, die Sonne sei ursprünglich ein ausgedehnter kugelförmiger Nebelfleck gewesen, dessen Kern sich allmählich zur Sonne ausbildete, der aber damals noch bis über die Bahn des Uranus hinausreichte. Da die geringste Kraft hinreicht, um eine im Raume frei schwebende Kugel in Bewegung zu setzen, so ist es nicht auffallend, daß der Nebelfleck sich um eine Achse drehte, und zwar, nehmen wir an, von Westen nach Osten. Als nun dieser Nebelfleck anfing, sich zusammen zu ziehen, bildete sich an seiner Grenze ein Kern, an welchen sich immer mehr Theile ansetzten, und der sich endlich von der übrigen, sich immer mehr zusammenziehenden Nebelmasse lostrennte. Die losgerissene Masse zog sich nun ebenfalls immer mehr zusammen, kleinere Theile lösten sich wieder von ihr ab, und so entstand Uranus und seine Trabanten. Hierauf bildete sich an der Grenze der übrigen Nebelmasse wieder

ein Kern, welcher den Keim zu dem zweiten Planeten Saturn enthielt. Bei dieser sich wieder ablösenden Masse ereignete sich aber der besondere Fall, daß sich die Mitte schneller zusammenzog als der äußere Umfang, daher rissen sich diese äußeren Theile los, und es entstand ein Ring, wie ja auch Sterne von einem ringförmigen Nebel umgeben sind (§. 154). So entstanden allmählich alle Planeten und Trabanten, und die Sonne bildete sich zum Sterne aus. Die Lostrennung der Massen, welche die Planeten bildeten, mußte natürlich da vorfallen, wo die heftigste Bewegung war, d. h. da, wo die größte Umdrehungsgeschwindigkeit statt fand, also in der Nähe des Aequators der Sonne (§. 84). Die Planeten konnten also nur in der Nähe des Aequators entstehen, und daher muß sowohl die Erdbahn, wie die Bahn der übrigen Planeten, nur wenig gegen den Aequator der Sonne geneigt seyn (§. 77). Da ferner die ganze ursprüngliche Nebelmasse sich von Westen nach Osten drehte, so mußten auch die sich losreißenden Massen an dieser Bewegung Theil nehmen, und daher drehen sich die Planeten in dieser Richtung um die Sonne. Da überdieß diese Massen, vor ihrer Lostrennung, vermöge der Achsendrehung der Gesammtmasse, Kreise beschrieben, so mußten sie auch später fortfahren, fast kreisförmige Bahnen zu beschreiben. Auf ähnliche Weise erklärt sich die Bewegung der Trabanten. Die Kometen dagegen muß man als Körper betrachten, die nicht aus der Nebelmasse entsprungen sind, sondern für sich bestanden, und nur, durch die Sonne angezogen, sich um diese bewegen.

So scharfsinnig auch dieser Gedanke Laplace's ist, so ist nicht zu läugnen, daß mancherlei gegen denselben einzuwenden ist. Ich will nur folgendes hervorheben: Es bleibt unerklärt, warum die Planeten, da sie aus demselben Stoffe, wie die Sonne, gebildet sind, nicht, wie diese, leuchten, sondern dunkele Körper sind; warum bei allen Trabanten, deren Bewegung genauer bekannt ist, die Zeit ihrer Achsendrehung dieselbe ist, wie die ihrer Bewegung um die Planeten (§. 89, 106, 109), während doch die Planeten ganz andere Umdrehungszeiten als Umlaufszeiten haben. Es ist schwer zu begreifen, wie Kometen, die sich früher außerhalb der Uranusbahn befanden, ihren Lauf so geändert haben sollen, daß sie nun immer innerhalb des Sonnensystemes bleiben,

wie dieß doch z. B. bei dem Encke'schen Kometen der Fall ist (§. 119). Eben so wenig erklärt sich die Gestalt und Neigung der Bahnen der vier kleinen Planeten (§. 114), und es bleibt dunkel, warum die meisten Planeten und Trabanten sich von Westen nach Osten um eine Achse drehen, noch dunkeler, warum gerade zwei Uranustrabanten das gegentheilige Verhalten zeigen.

159. Wenn man bedenkt, daß wir es lediglich der Kraft der großen Herschel'schen Teleskope verdanken, Blicke in den Bau ganzer Welten gethan zu haben, von deren Daseyn man früher keine Ahndung hatte, so drängt sich sehr leicht der Gedanke auf, als ob es nur von der Verbesserung der künstlichen Sehwerkzeuge abhinge, noch weiter in die Tiefen des Himmels einzudringen, als ob wir desto entferntere Gebilde entdecken müßten, je mehr Lichtstärke diese Werkzeuge darböten. Und dennoch kann es seyn, daß dieser Gedanke ein irriger ist, daß unserem Sehen auf mehr als eine Weise eine Grenze gesetzt ist, die durch die Verbesserung der künstlichen Sehwerkzeuge nicht weiter hinausgerückt wird.

Mit unbewaffnetem Auge sehen wir Sterne bis zur sechsten Größe; was über diese Grenze hinausliegt, können wir nur mit Hülfe des Fernrohrs sehen. Das Fernrohr unterstützt aber in diesem Falle unseren Gesichtssinn nicht dadurch, daß es das Bild des Sterns *vergrößert*; denn wenn ein Stern *nicht Licht genug* hat, um dem unbewaffneten Auge sichtbar zu seyn, so kann die Vergrößerung nur dazu dienen, dieses schwache Licht auf einen noch größeren Raum zu vertheilen und daher *noch mehr zu schwächen*. Vielmehr liegt dann der Nutzen des Fernrohrs in seiner *Lichtstärke*, d. h. darin, daß es eine viel größere Menge Lichtstrahlen auffängt und dem Auge zuführt, als dieses, seinem Baue nach, unmittelbar von einem Gegenstande empfangen kann. Herschel's größtes Teleskop (§. 74) besaß eine solche Lichtstärke, daß es dem Auge 40000 mal so viel Lichtstrahle zuführte, als das Auge unmittelbar aufgenommen hätte. Das Licht nimmt aber mit dem Quadrate der Entfernung ab (§. 49) d. h. ein leuchtender Gegenstand muß uns viermal, neunmal u. s. w. so viel Lichtstrahlen zusenden, sobald er in zweimal, dreimal u. s. w. so großer Entfernung steht, wenn er uns dann eben so sichtbar seyn soll als früher in der einfachen

Entfernung. Mit Hülfe des erwähnten Teleskops konnte man also Sterne, die 200 mal so weit als ein Stern sechster Größe entfernt sind, bei sonst gleichen Verhältnissen, eben so deutlich sehen, wie man einen solchen mit unbewaffnetem Auge sieht (weil 200 mal 200 so viel wie 40000 ist). Nach Herschel's Meinung wird man aber schwerlich je mit Nutzen Instrumente anwenden können, deren Lichtstärke die des erwähnten Teleskops fünf- bis sechsmal überträfen. Die Lufthülle unserer Erde (§. 5) hat nämlich selbst ein, wenn auch freilich sehr mattes Licht; je lichtstärker nun ein Instrument ist, desto merklicher wird dieses Licht, so daß in sehr lichtstarken der Raum zwischen den einzelnen Sternen nicht mehr dunkel erscheint, sondern vielmehr der ganze Himmel wie mit einem schwachen Lichte überzogen ist. Würde man daher die Lichtstärke der Instrumente noch weiter treiben, so würde zuletzt das Licht unserer Lufthülle so merklich werden, daß es die schwach leuchtenden Gegenstände, die man entdecken will, überstrahlen und gänzlich unsichtbar machen würde.

Hiernach scheint es, als ob unsere Lufthülle den Fortschritten der Himmelskunde im Wege stehe, und ein Körper, welcher von keiner solchen umgeben ist, wie etwa der Mond (§. 90), in dieser Beziehung eine bessere Sternwarte als die Erde sei. Es kann aber seyn, daß es noch andere Umstände giebt, welche ganz abgesehen von der Lufthülle der Erde dem Sehen Grenzen setzen. Die Erfahrung lehrt uns nämlich, daß jeder, wenn auch noch so feine durchsichtige Stoff, das durchfahrende Licht schwächt, gleichsam einen Theil desselben verschluckt, und zwar desto mehr, je länger der mit diesem Stoffe angefüllte Raum ist, durch welchen das Licht gehen muß; so wurde schon früher bemerkt (§. 7), daß unsere Luft das durchgehende Licht schwächt. Nun ist es wahrscheinlich, daß auch der Raum zwischen den einzelnen Weltkörpern keineswegs völlig leer, sondern mit einem feinen Stoffe angefüllt ist; wir haben sogar schon früher auf Spuren eines solchen hingedeutet (§. 119). Ist dieß der Fall, so muß das Licht der Fixsterne, und überhaupt aller leuchtenden Himmelskörper, auf dem Wege bis zu uns einen desto größeren Verlust erleiden, je entfernter diese sind, und dieß kann bei angemessener Entfernung so weit gehen, daß von diesem Lichte durchaus Nichts mehr zu uns gelangt. Dann kann aber keine, wenn

auch noch so große Vermehrung der Lichtstärke unserer künstlichen Sehwerkzeuge helfen; Gebilde, von welchen gar kein Licht mehr bis zur Erde dringt, müssen uns ewig unsichtbar bleiben. So wäre auch hier unserer Forschung eine Grenze gesetzt, die sie nie übersteigen kann, und dieser Gedanke muß uns zur Bescheidenheit zurück rufen, wenn die glänzenden Entdeckungen, welche der menschliche Geist in der Himmelskunde gemacht hat, uns mit gerechtem Stolze erfüllt haben.

Einundzwanzigstes Hauptstück.

160. In dem Vorhergehenden habe ich Alles erschöpft, was ich über die Himmelskunde mitzutheilen wußte, insofern, nach einer früheren Bemerkung (§. 82) nur diejenigen Erscheinungen dazu gezählt werden sollen, welche sich nicht unmittelbar auf unsere Erde und ihre Lufthülle beziehen. Daher bleibt manches, was wir am Himmelsgewölbe bemerken, von unseren Untersuchungen ausgeschlossen, wenn es auch scheinbar mit den außerirdischen Körpern in Verbindung steht. Hierzu gehören z. B. die sogenannten Mondhöfe, glänzende nebelartige Kreise, welche manchmal den Mond umgeben, und in der Regel nahe bei dem Monde heller sind als nach dem Rande hin. Diese Erscheinung geht nämlich in unserer Lufthülle vor, und entsteht dann, wenn sich Dünste zwischen uns und dem Monde befinden, welche, durch den Mond erleuchtet, sichtbar werden; zuweilen zeigt dieser Kreis Regenbogenfarben, zuweilen sieht man sogar mehrere solche durch Zwischenräume von einander getrennte Kreise. Unter ähnlichen Umständen sieht man auch die Sonne, sogar Venus, Jupiter und die helleren Fixsterne von solchen Höfen oder farbigen Kreisen umgeben. Man kann leicht eine ganz ähnliche Erscheinung hervorbringen, wenn man eine reine Glasscheibe schwach anhaucht, und ein entferntes Licht oder den Mond durch dieselbe betrachtet.

Hierzu gehören auch die Nebensonnen, glänzende Flecken von der Größe der Sonne, die gewöhnlich farbig sind, zuweilen sehr hell erscheinen, manchmal aber auch den Glanz weißer Wolken nicht viel übertreffen. Schon, daß sie von den

Winden auseinander getrieben werden, beweist hinlänglich, daß sie in unserer Lufthülle entstehen; nach der wahrscheinlichsten Vermuthung bilden sie sich dann, wenn eine Menge kleiner Eisnadeln in der Luft schweben, welche das Sonnenlicht zurückwerfen, und da, wo viele der zurückgeworfenen Strahlen zusammentreffen, ein Scheinbild der Sonne erzeugen.

Auch die Nordlichter gehören ohne Zweifel zu den Erzeugnissen unserer Erde, wiewohl ihre Entstehung und Beschaffenheit fast so gut wie ganz unbekannt sind. Sie sind in den nördlichsten Theilen Europas viel häufiger zu sehen als in unseren Gegenden, und zeigen sich nach der Beschreibung dortiger Beobachter meistens in folgender Gestalt: Einige Stunden nach Sonnenuntergang, zuweilen noch früher, zeigt sich am nördlichen Himmel, nicht sehr hoch über dem Gesichtskreise, eine dunkle Wolke, welche oben von einem Kreisbogen begrenzt wird; diese Wolke muß aus einem sehr feinen Stoffe bestehen, da man die helleren Sterne selbst mit unbewaffnetem Auge durchschimmern sieht. Allmählich erhebt sie sich, und es bildet sich an ihrer äußersten oberen Grenze ein glänzender Bogen, aus diesem schießen nach kürzerer oder längerer Zeit helle Strahlen, meistens gelblich oder röthlich gefärbt, empor, die in einer beständigen zitternden Bewegung sind, und ihren Ort bald schneller bald langsamer ändern; je heller die Erscheinung wird, desto deutlicher sieht man auch diese Bewegung. Hat das Nordlicht seine größte Helligkeit erreicht, so bilden diese Lichtstrahlen in der Nähe des Scheitelpunktes (§. 24) eine Art von Ring, welchen man die Krone nennt, und aus welchen nach allen Seiten hin farbige Lichtstrahlen ausfahren. Allmählich, oft erst jedoch nach mehrstündiger Dauer, fängt die Erscheinung an zu verschwinden, die Lichtstrahlen werden kürzer, ihr Glanz schwächer, bis zuletzt nur wieder die dunkele Wolke mit dem darüber stehenden glänzenden Bogen zu sehen ist, aber auch diese werden immer schwächer, bis sie endlich nicht mehr von der Farbe des Himmels zu unterscheiden sind.

Bis zu welcher Höhe sich die Nordlichter erstrecken, ist eine Frage, die bis jetzt nicht genügend beantwortet ist. Während ältere Beobachter glauben, daß sie mitunter eine Höhe von hundert Meilen und darüber erreichen, sollen sie sich, nach den Beobachtungen neuerer Naturforscher, nicht höher als

die höheren Wolken, mitunter nur einige tausend Fuß hoch über die Erdoberfläche erheben. Gewiß ist, daß man sie oft in weit entlegenen Gegenden zu gleicher Zeit sieht; so war z. B. das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831, dessen sich wahrscheinlich noch viele Leser erinnern werden, zugleich im ganzen nördlichen und mittleren Europa und am Eriesee in Nordamerika sichtbar.

Ob sich die Nordlichter nur bei gewissen Zuständen unserer Lufthülle bilden, ist ebenfalls noch nicht entschieden, wiewohl die meisten Beobachtungen darauf hinzudeuten scheinen, daß kein solcher Zusammenhang statt findet. Ziemlich ausgemacht ist es aber, daß sie mit den Jahreszeiten in einem gewissen Zusammenhange stehen, und zur Zeit der Nachtgleichen, häufiger als sonst erscheinen. Auch scheint es, als ob die mehr oder minder große Häufigkeit der Nordlichter in größeren Zwischenräumen regelmäßig wiederkehre. So nahm die Zahl der Nordlichter von 1707 bis 1752 immer mehr zu, von da an bis zum Jahre 1790 wieder ab, worauf eine Ruhezeit von 20 bis 25 Jahren folgte, während welcher nur im hohen Norden und noch dazu bloß schwache Nordlichter gesehen wurden.

Ueber die Entstehung des Nordlichtes wissen wir, wie ich schon bemerkt habe, durchaus Nichts; seitdem man jedoch seine auffallende Einwirkung auf die Magnetnadel bemerkt hat, kann man wenigstens nicht mehr bezweifeln, daß es auf irgend eine Weise mit dem Magnetismus der Erde zusammenhängt. Sobald das Nordlicht erscheint, und selbst schon früher, fängt die Magnetnadel an in starke Schwankungen zu gerathen, und bedeutend von ihrer früheren Richtung abzuweichen, was man selbst an solchen Orten bemerkt, wo das Nordlicht gar nicht über den Gesichtskreis herauf kömmt, so daß man z. B. schon oft in Paris, wo sich kein Nordlicht zeigte, aus den Bewegungen der Magnetnadel auf das Vorhandenseyn eines solchen geschlossen hat, welches auch wirklich in anderen Gegenden beobachtet wurde.*

Ich habe schon früher das Funkeln der Fixsterne er-

---

* In der südlichen Halbkugel zeigt sich häufig nach dem Südpole hin eine dem Nordlichte ganz ähnliche Erscheinung, welche man eben deswegen das Südlicht nennt.

wähnt (§. 38), auch dieß ist unzweifelhaft eine Folge unserer Lufthülle, wiewohl man über die Art, wie sie es hervorbringt, nicht ganz einig ist. Die Fixsterne erscheinen in unseren Gegenden nicht immer unverrückt an derselben Stelle, sondern haben eine Art von zitternder Bewegung; zugleich ändert sich ihre Lichtstärke, in einem Augenblicke erscheinen sie sehr hell, in dem nächsten verschwinden sie fast, auch zeigen sie mitunter, namentlich im Fernrohre, einen Farbenwechsel, und erscheinen dann grünlich, bläulich oder röthlich. Bei den Planeten bemerkt man dieses Funkeln nicht; nur wenn es bei den Fixsternen sehr lebhaft ist, zeigen auch sie, namentlich die helleren Venus und Jupiter, einen Lichtwechsel. Meistens ist es in der Nähe des Horizontes stärker als in größeren Höhen, auch hängt es sehr von der Beschaffenheit der Luft ab, und zeigt sich am lebhaftesten, wenn in den höheren Luftschichten starke Windströmungen herrschen; in manchen Gegenden sieht man das starke Funkeln sogar als Vorboten von Stürmen an.

Es scheint hauptsächlich davon herzurühren, daß wärmere und kältere Luftschichten, in welchen sich das Licht der Sterne verschieden bricht (§. 5), an diesen vorüberziehen. Bei den feinen Sternpünktchen muß jede kleine Ortsveränderung, welche die Brechung bewirkt, auffallen, während sie bei den ausgedehnten Planetenscheiben minder merkbar ist; hieraus erklärt sich zugleich das Farbenspiel, welches bei jeder Lichtbrechung zum Vorschein kömmt. Wenn zwischen den Wendekreisen (§. 32) die trockene Jahreszeit ist, zeigen die Sterne nur in der Nähe des Horizontes ein schwaches Funkeln, auch in Arabien sollen die Sterne im Sommer gar nicht funkeln.*

Manche haben geglaubt, diese Erscheinung sei eine physiologische, und rühre von dem Einflusse des Lichtreizes auf unseren Sehnerven her, aber schon der Umstand, daß sie sich bei verschiedener Höhe des Sterns und in verschiedenen Gegenden nicht auf gleiche Weise zeigt, spricht gegen diese Ansicht.

161. Ausführlicher muß ich über zwei Erscheinungen sprechen, bei welchen man bis jetzt noch nicht einig ist, ob sie in die Himmelskunde gehören oder nicht, d. h. ob ihr Ur-

---

* In Edinburg sollen die Sterne, wegen des starken Kohlendampfes, gar nicht funkeln.

sprung außerhalb oder innerhalb unserer Lufthülle zu suchen ist; dieß sind die Meteorsteine (Feuerkugeln) und die Sternschnuppen.

Im Alterthume betrachtete man es als eine ausgemachte Thatsache, daß zuweilen Steinmassen, in Begleitung feuriger Erscheinungen, aus der Höhe auf die Erde herab fallen. Griechen und Römer erwähnen solche Steinfälle, nicht minder die alten chinesischen Geschichtsschreiber. Auch im Mittelalter sprechen sowohl arabische Schriftsteller als abendländische, besonders Chronikenschreiber, von solchen Ereignissen, und so ziehen sich die Nachrichten bis in das vorige Jahrhundert fort. Erst in diesem, wo man den blinden Aberglauben früherer Zeiten durch einen entsprechenden Unglauben wieder gut zu machen glaubte, fing man von Seiten der Gelehrten an, eine Thatsache abzuläugnen, weil man sie sich nicht erklären konnte; ja, man ging so weit, solche angeblich vom Himmel gefallene Steine, die sich in nicht geringer Zahl in öffentlichen Sammlungen, häufig mit Urkunden begleitet, vorfanden, geradezu weg zu werfen, weil man sich durch deren Aufbewahrung lächerlich zu machen fürchtete. Indessen fielen Steine nach wie vor, und unter den Ungelehrten gab es doch manche, welche nicht aufgeklärt genug waren, um etwas abzuläugnen, was sie mit Augen sahen und mit Händen greifen konnten. Im Jahre 1790 ereignete sich ein großer Steinfall in Frankreich, eine große Feuerkugel zersprang unter einem heftigen Knalle in der Luft, und ließ viele Steine fallen, von welchen einige über 20 Pfund schwer waren. Die Municipalität zu Juillac nahm darüber eine Urkunde auf, das verdroß aber einen berühmten französischen Gelehrten, Berthölon, gar sehr. In einer damals erscheinenden wissenschaftlichen Zeitschrift sagt er: man könne es nur beklagen, wenn eine Municipalität durch ihr Zeugniß einen Volkswahn unterstütze, welchen nicht bloß die Naturforscher, sondern überhaupt alle vernünftigen Menschen nur bemitleiden könnten; alle weiteren Bemerkungen seien überflüssig, und würden sich dem philosophischen Leser von selbst darbieten, wenn er diese Urkunde über eine offenbar falsche und rein unmögliche Thatsache betrachte.

So stand die Sache, als zuerst wieder im Jahre 1794 ein deutscher Naturforscher, Chladni, den Muth hatte, sich

der aufgegebenen Meteorsteine anzunehmen, und die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf eine durch so viel Zeugnisse bestätigte Erscheinung hinzulenken. Zwar traten mehrere Gelehrte des In- und Auslandes seiner Meinung bei, der Himmel selbst kam ihm zu Hülfe, indem sich nicht lange nach Erscheinen seiner Schrift mehrere große Steinfälle ereigneten, die Meisten aber beharrten bei ihrem Unglauben, und verlachten Chladni oder verketzerten ihn gar. Am meisten zeichneten sich hierin die Brüder de Luc, zwei sonst nicht unverdiente Naturforscher, aus, von denen der eine sagte, er würde es nicht glauben, wenn er einen solchen Stein zu seinen Füßen niederfallen sähe, der andere aber gar behauptete, Chladni läugne die Weltordnung!

Endlich im Jahre 1803 fielen in der Normandie während des Erscheinens einer Feuerkugel mehrere tausend Steine herab, der Maire des Ortes, l'Aigle, zeigte es amtlich an, aber die Meisten wollten es nicht glauben, und eine Pariser Zeitung bedauerte sogar die Gemeinde, die einen Maire hätte, der solche Albernheiten glaubte. Indessen sah sich das französische Institut veranlaßt, eines seiner Mitglieder, den berühmten Naturforscher Biot, an Ort und Stelle zu schicken, um die Sache genauer zu untersuchen. Biot stattete bei seiner Rückkehr einen umfassenden Bericht ab, aus welchem die Richtigkeit der Thatsache unzweifelhaft hervorging; mehrere Steine, die er mitbrachte, wurden von den Chemikern zerlegt, und es fand sich, daß sie anderen, bereits früher untersuchten Meteorsteinen in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich seien, während sie, wie diese, von allen übrigen bekannten Steinarten durchaus verschieden waren. Seit dieser Zeit fingen auch die Ungläubigsten an, sich zu bekehren, und gegenwärtig gehören diese Steinfälle zu den ausgemachtesten Thatsachen der Naturlehre.

162. Die Feuerkugeln zeigen sich, nach Chladni's treuer Beschreibung, gewöhnlich folgender Weise. In einer beträchtlichen Höhe erscheint ein leuchtender Punkt, oder ein kleines helles, bald nachher sich entzündendes Wölkchen, aus welchem sich ein leuchtender Körper zusammenballt. Dieser bewegt sich mit großer Geschwindigkeit fort, und bildet sich zu einer feurigen Kugel aus, welche Flammen, Rauch und Funken auswirft. Gewöhnlich zieht die Feuerkugel einen

Schweif nach, der zunächst an ihr aus Flammen, die sich nach hinten zuspitzen, und weiter von der Kugel entfernt, aus dem nachgelassenen Rauche und Dampfe besteht, und bisweilen auch in die Länge gezogene Theile der Feuerkugel selbst enthält. Manchmal wird die Feuerkugel auch von abgesonderten Theilen begleitet, welche sich zu kleinen Feuerkugeln ausbilden. Endlich zerspringt sie mit vielem Getöse und heftiger Erschütterung der Luft, bisweilen zerspringen auch wohl abgelöste Theile noch einmal, es fallen Stücke auf die Erde herab, die aber immer zusammen eine kleinere Masse geben, als man nach der Größe der Feuerkugel hätte vermuthen sollen.

Die Höhe der Feuerkugeln ist schwer zu bestimmen, da sie sich sehr schnell bewegen, und noch dazu nur kurze Zeit sichtbar sind, mithin das in §. 12 angegebene Verfahren zur Bestimmung von Entfernungen hier nicht zu einem genauen Ergebnisse führen kann; aus beiläufigen Schätzungen kann man jedoch schließen, daß sie durchschnittlich in einer Höhe von 10 bis 15 Meilen erscheinen.

Eben so wenig läßt sich über die Gestalt ihrer Bahn etwas Bestimmtes sagen. Gewöhnlich kommen sie in einer mehr oder weniger gegen den Gesichtskreis geneigten Richtung, zuweilen auch in einer mit diesem fast gleichlaufenden Richtung an, gehen häufig über große Strecken Landes weg, wie z. B. eine Feuerkugel, die am 18. August 1783 gesehen wurde, über Schottland, England, Frankreich und Italien hinzog, und senken sich in einer krummen Linie zur Erde. Zuweilen macht die Kugel Bogensprünge, so daß sie sich abwechselnd hebt und senkt, zuweilen zeigt sich auch eine Achsendrehung.

Die Geschwindigkeit der Feuerkugeln muß oft erstaunlich groß seyn, wiewohl auch hierbei scharfe Bestimmungen fehlen. Die Feuerkugel, welche den 31. März 1676 in ganz Italien und einem großen Theile Deutschlands gesehen wurde, soll ungefähr 40 geographische Meilen in einer Minute durchlaufen haben, sie hatte also eine Geschwindigkeit, welche fast der des Uranus in seiner Bahn gleich kommt. Eine andere, die man den 19. März 1719 in England sah, soll etwa 70 geographische Meilen in der Minute durchlaufen haben, die schon früher erwähnten vom 18. August 1783 sogar eine Geschwindigkeit von mehr als vier geographischen Meilen in

der Sekunde gehabt haben, und bewegte sich mithin ungefähr so schnell, wie die Erde in ihrer Bahn.

Auch über die sichtbare Größe der Feuerkugeln läßt sich nichts Bestimmtes angeben, gewöhnlich wird sie mit der des Vollmondes verglichen; aus der sichtbaren Größe würde man die wahre Größe bestimmen können, sobald zugleich die Entfernung bekannt wäre (§. 13).

Die Feuerkugeln zerplatzen gewöhnlich während sie durch die Luft fortziehen, wahrscheinlich weil sich in ihrem Inneren Dämpfe entwickeln, welche die umgebende Hülle zersprengen. Wo kein solches Zerplatzen bemerkt worden ist, liegt dieß wahrscheinlich entweder daran, daß man zu weit entfernt war, oder daß die Feuerkugel nicht zur Erde herab kam, sondern ihren Weg im Weltraume fortsetzte.

Die Massen, welche nach dem Zerplatzen der Kugel zur Erde fallen, lassen sich in drei Klassen theilen: Entweder bestehen sie aus einer eigenthümlichen Zusammensetzung mehrerer Stoffe, die ich sogleich näher bezeichnen werde, dieß sind die Meteorsteine (auch Aerolithen, Meteorolithen genannt) im engeren Sinne, oder es ist gediegens Eisen, bald mit, bald ohne Beimischung erdiger Theile, oder endlich staubartige und weiche Bestandtheile, in trockenem oder feuchtem Zustande.

Die Meteorsteine sind bei ihrer Ankunft gewöhnlich sehr heiß, zuweilen glühend und dann weich, was sich daran zeigt, daß die Körper, auf welche sie fallen, Eindrücke in deren Rinde machen. Diese Rinde ist gewöhnlich schwarz und aus denselben Bestandtheilen, wie das Innere zusammengesetzt, selten über $^1/_4$ Linie dick. Die Entstehung dieser Rinde ist bis jetzt noch nicht ganz klar, denn wiewohl sie durch Schmelzung zu entstehen scheint, so ist doch so viel gewiß, daß sie weder mit den Erzeugnissen unserer feuerspeienden Berge, noch mit sonst bekannten Erzeugnissen einer natürlichen oder künstlichen Schmelzung Aehnlichkeit hat, und sich auch nicht durch Schmelzung der Bestandtheile der Meteorsteine erzeugen läßt.

Die Meteorsteine sind aus sehr verschiedenartigen Stoffen zusammengesetzt, sie weichen von allen sonst bekannten Steinarten ab, haben aber unter sich große Aehnlichkeit, wiewohl sie nicht auf gleiche Weise zusammengesetzt sind. Einen Hauptbestandtheil aller bildet das Eisen in mancherlei Verbindungen,

außer diesem hat man aber bis jetzt noch folgende Stoffe in ihnen gefunden, welche auch sonst, obwohl in anderer Verbindung auf der Erde vorkommen, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Kohle, Kiesel, Chrom, Kali, Natrum, Kalk, Magnesium, Aluminium, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer und Zinn.

Die Größe und das Gewicht der gefallenen Steine ist sehr verschieden, manche sind nur einige Quentchen schwer gewesen, andere mehrere hundert Pfund. Man darf sich übrigens nicht darüber wundern, daß die herabfallenden Massen, im Vergleich mit der Größe der Feuerkugel, fast immer sehr gering erscheinen, da letztere wahrscheinlich durch die Hitze ausgedehnt und in einem lockeren Zustande ist, auch sich wohl zum größten Theile in Dampf und Rauch auflöst, so daß nur die mehr verdichteten Theile herabfallen.

Den Niederfall von gediegenem Eisen hat man seltener beobachtet, als den von Meteorsteinen; die bekannteste Erscheinung dieser Art ereignete sich am 26. Mai 1751, wo bei Hradschina in Croatien zwei Eisenmassen, eine von 71 Pfund, die andere von 16 Pfund, herabfielen, und von welchen die erste sich in Wien befindet. Man sah bei heiterem Himmel eine Feuerkugel, welche mit dumpfem Getöse fortzog, mit heftigem Knalle zerplatzte, wobei sich erst schwarzer, dann vielfarbiger Rauch zeigte, und sich in zwei Stücke theilte, die zur Erde fielen.

Man hat noch an verschiedenen Stellen der Erde ähnliche Massen von gediegenem Eisen gefunden, die sich von dem gewöhnlichen Eisen mannigfach, und besonders dadurch unterscheiden, daß sie Nickel enthalten; auch sind die meisten an Orten angetroffen worden, wo weder Eisenlager noch Eisenhütten sind. Wenn es daher auch nicht geschichtlich erwiesen ist, daß diese Massen von Feuerkugeln herrühren, so ist dieß doch sehr wahrscheinlich, um so mehr, da sie in Ansehen und Zusammensetzung mit den Eisenmassen zusammenstimmen, deren Niederfall keinem Zweifel unterworfen ist. Eine solche Masse hat zuerst der Reisende Pallas im Jahre 1771 in Sibirien kennen gelernt und beschrieben. Sie wurde im Jahre 1749 von einem Kosaken auf einer der höchsten Spitzen eines Schiefergebirges entdeckt, an einer Stelle, wo weder Bergwerke noch Schmelzhütten in der Nähe sind. Ein großer Theil,

welcher 1400 russische Pfund wog, kam nach Petersburg. Nach der Untersuchung des berühmten Chemikers Berzelius besteht diese Masse aus 88 Prozent Eisen und fast 11 Prozent Nickel, der kleine Ueberrest besteht aus Kobalt, Zinn, Kupfer, Kohle, Schwefel, Mangan, Magnesium, Phosphor und Kieselerde. Eine andere ähnliche Masse hat man im Jahre 1814 bei Lenarto in Ungarn gefunden. Die größten Gediegeneisenmassen mögen wohl die seyn, welche man am Senegal findet, in einer Gegend, wo man gar keine Eisenminen kennt; sie kommen dort in solcher Menge vor, daß die Neger Gefäße daraus verfertigen. Auch in Mexiko finden sich Eisenmassen, viele Centner schwer, die ebenfalls Nickel enthalten, und in Südamerika hat man sogar eine Eisenmasse von vielen hundert Centnern in einer Gegend gefunden, wo es gar keine Berge, sogar in weitem Umfange kaum einen Stein giebt.

Die Staub- und Schlammniederfälle scheinen sich viel seltener zu ereignen, als Niederfälle von gediegenem Eisen und Meteorsteinen. Zuweilen hat man dabei eine mit vielem Getöse zerplatzende Feuerkugel bemerkt, in anderen Fällen aber nur eine weit ausgedehnte Feuererscheinung.

Alle diese Niederfälle stehen nach den bisherigen Untersuchungen durchaus in keinem erweislichen Zusammenhange mit irgend einer Erscheinung auf der Erde. Sie sind unabhängig von den Jahres- und Tageszeiten, von den Weltgegenden, der geographischen Lage und vom Wetter. Daß man am Tage mehr Niederfälle beobachtet hat, als in tiefer Nacht, ist leicht erklärlich, so wie auch, daß die meisten Steinfälle in Europa, und zwar in demjenigen Theile beobachtet worden sind, wo man am meisten Sinn für Naturerscheinungen hat. Auch ist es leicht einzusehen, daß man bei heiterem Wetter häufiger solche feurige Erscheinungen sehen wird, als bei trübem oder bei Regen, und es wäre sehr verkehrt, wenn man, wie Manche gethan haben, hieraus schließen wollte, daß heiteres Wetter einen besonders günstigen Einfluß auf die Bildung der Meteorsteine ausübt.

163. Vor der Hand wäre das Wichtigste, daß man den Ursprung der herabgefallenen Massen wüßte, leider sind die Naturforscher hierüber noch so sehr uneinig. Vorzüglich sind es vier Ansichten, die sich geltend gemacht haben. Einige glauben, daß diese Massen sich, wie die großen Weltkörper,

im Raume bewegen, oder, wie man sich ausdrückt, kosmischen Ursprungs sind, und erst, wenn sie in die Nähe der Erde kommen, von dieser angezogen werden. Andere betrachten sie als Auswürfe der Mondvulkane; nach diesen beiden Meinungen ist also jedenfalls ihr Ursprung außerhalb der Erde zu suchen. Nach einer dritten Meinung dagegen sollen sie, wie Schnee, Hagel u. s. w., aus Stoffen gebildet seyn, welche sich in unserer Lufthülle vorfinden, und nach einer vierten sind sie Erzeugnisse unserer Erdvulkane, und fallen, nachdem sie aus diesen in die Höhe geschleudert worden sind, auf die Erde zurück.

Die letzte Ansicht hat die wenigsten Anhänger, und verdient auch wirklich kaum der Erwähnung; um sie zu widerlegen, genügt schon die Bemerkung, daß nie eine erweislich von einem Erdvulkane ausgeworfene Masse die geringste Aehnlichkeit mit einem Meteorsteine gezeigt hat.

Sollen die Meteorsteine aus dem Monde kommen, so muß man voraussetzen, daß dessen Vulkane noch gegenwärtig thätig sind, was allerdings sehr zweifelhaft ist (§. 91), sonst aber ist gegen die Möglichkeit, daß ein vom Monde ausgeschleuderter Stein zur Erde gelangen könne, nichts einzuwenden; denn, wenn sich ein solcher, was sehr gut denkbar ist, so weit vom Monde entfernt und dagegen der Erde nähert, daß die Anziehungskraft, welche letztere auf ihn ausübt, diejenige, mit welcher der Mond ihn zurückzuziehen strebt, überwiegt, so wird er sich nach der Erde hin bewegen.

Da man die Stärke der Anziehungskraft des Mondes und der Erde kennt, so kann man auch berechnen, wie groß die anfängliche Geschwindigkeit, mit welcher der Stein sich vom Monde entfernt, seyn muß, damit er zur Erde fallen könne; und man hat gefunden, daß ein Stein nur mit einer Anfangsgeschwindigkeit von etwa 7000 Fuß in einer Sekunde vom Monde auszugehen braucht um zur Erde gelangen zu können. Daß aber ein Mondvulkan eine solche Geschwindigkeit, die etwa 4 bis 5 mal so groß als die einer Kanonenkugel ist, hervorbringen könne, ist sehr wohl denkbar, die Möglichkeit also, daß von seinen Auswürfen etwas zur Erde gelange, nicht abzuläugnen. Indessen können schwerlich die Feuerkugeln als solche vulkanische Auswürfe angesehen werden. Wir haben gesehen (§. 162), daß die Feuerkugeln oft viele Meilen in

einer Sekunde durchlaufen, wie aber Massen, die mit der angegebenen Geschwindigkeit vom Monde ausgehen, mit einer so außerordentlich großen Geschwindigkeit auf der Erde anlangen sollten, ist nicht wohl einzusehen. Allerdings wird sich diese Geschwindigkeit, während sie zur Erde fallen, vergrößern (§. 53); allein wenn sie beim Eintritt in unsere Lufthülle 5 Meilen in der Sekunde durchlaufen sollten, müßten sie, wie die Rechnung zeigt, mit einer Geschwindigkeit von mehr als vier Meilen in der Sekunde vom Monde ausgegangen seyn, und es wäre doch in der That sehr abenteuerlich, wenn man annehmen wollte, daß die Mondvulkane wirklich mit solcher Kraft Massen auszuschleudern im Stande sind.

Sehr bald, nachdem Chladni das Niederfallen von Massen zur unbestreitbaren Wahrheit erhoben hatte, fand die Ansicht, daß sie sich in unserer Lufthülle bilden, viele Anhänger, und ist auch bis auf die neueste Zeit von vielen Naturforschern vertheidigt worden. Auf die Frage, wie die Metalle und sonstigen Stoffe in die Luft kommen sollten, hat man zweierlei geantwortet. Entweder nimmt man an, daß sie in Dampfform von der Erde aufsteigen und sich in höheren Luftschichten zu festen Körpern ausbilden, oder daß sie ursprünglich in den höheren Schichten unserer Lufthülle enthalten sind und einen Bestandtheil derselben ausmachen. Beide Annahmen haben aber sehr viel gegen sich, wovon ich zunächst das herausheben will, was beide gemeinschaftlich trifft. Es ist nämlich durchaus nicht zu begreifen, wie Körper, welche innerhalb unserer Lufthülle entstehen, zu einer Geschwindigkeit gelangen sollten, welche der Geschwindigkeit der Weltkörper in ihrer Bahn gleich kommt. Betrachtet man nun insbesondere die Behauptung, daß die in den Meteorsteinen enthaltenen Stoffe von der Erde aufsteigen, und fragt, auf welche Weise dieß geschehe, so lautet die Antwort, daß ja bei so mancherlei Arbeiten, wie z. B. beim Schmelzen der Metalle, viele Stoffe in Dampfform aufsteigen, und daß dieß auch bei vulkanischen Ausbrüchen statt findet. An und für sich ist dieß auch richtig; auf die Klausthaler Schmelzhütten am Harz z. B. kommen jährlich 124000 Centner Schlich, nach Beendigung der Arbeit bleiben an gewonnenen Metallen und Schlacken 79200 Centner, mithin steigen 44800 Centner in Dämpfen auf, welche vorzüglich aus Wasser, Blei, Eisen, Zink, Schwefel, Spießglas und

Arsenik bestehen. Wenn nun auch freilich viele dieser Dämpfe sich wahrscheinlich nicht weit von ihrem Ursprunge niederschlagen, so können sie doch theilweise in sehr große Höhen aufsteigen. Allein wenn die Meteorsteine dadurch entstehen sollen, daß diese Dämpfe in höheren Luftschichten sich wieder zu einem festen Körper vereinigen, warum finden sich in denselben vorzugsweise nur gewisse Stoffe, während andere, die eben so häufig und noch häufiger in Dampf verwandelt werden, niemals darin vorkommen? Warum findet man fast in allen Meteorsteinen das Nickelmetall, welches sich nicht so leicht verflüchtigt, während andere Metalle, die viel häufiger vorkommen und sich viel leichter in Dampf verwandeln, wie Blei, Arsenik, Zink, noch nie darin aufgefunden worden sind? Auch bliebe es unerklärlich, warum sich die Feuerkugeln nur in den höchsten und nicht in den niederen Luftschichten bilden, wo sich doch solche Dämpfe ebenfalls, sogar wahrscheinlich in größerer Menge finden, wenn man nicht etwa noch außerdem voraussetzen will, daß in den höheren Luftschichten eine besondere Kraft bei der Bildung der Feuerkugeln thätig ist, die nicht in den niederen Luftschichten wirkt!

Der anderen Ansicht, daß die Meteorsteine aus Bestandtheilen der höheren Luftschichten zusammengesetzt sind, stellt sich die einfache Bemerkung entgegen, daß die chemische Zerlegung unserer Luft nie eine Spur der Stoffe, (Sauerstoff und Kohle ausgenommen) welche in den Meteorsteinen vorkommen, angedeutet hat. Freilich sagt man, die Mittel der Chemie reichten nicht aus um diese Stoffe zu entdecken, und führt als Beweis an, daß ja täglich viele Stoffe als Dampf in die Luft steigen, welche dennoch durch die chemische Zerlegung nicht angezeigt werden. Indessen vergißt man, daß solche Dämpfe wahrscheinlich bald wieder als feiner Staub zur Erde fallen. Außerdem ist nicht einzusehen, auf welche Weise sich überhaupt die metallischen Dämpfe in den höheren Luftschichten zu einem festen Körper verbinden sollen, wozu man wieder eine besondere Naturkraft nöthig hat, die außerdem auf eben so unbegreifliche Weise den gebildeten Körper nach einer gewissen Richtung bewegen muß. Bedenkt man noch ferner, daß in der Höhe, in welcher sich die Feuerkugeln zeigen, die Luft außerordentlich dünn ist (§. 5) und zwar so dünn, daß, wenn sie auch ganz aus Eisentheilchen bestände,

dennoch viele Kubikmeilen dazu verwandt werden müßten, um eine feste Eisenmasse von wenigen Pfunden daraus zu bilden, so wird man leicht die gänzliche Unhaltbarkeit dieser Ansicht einsehen.

Unstreitig ist die Ansicht, welche die Feuerkugeln als Massen betrachtet, die unabhängig von der Erde im Weltraume entstehen, diejenige, welche am wenigsten gegen sonst bekannte Gesetze der Naturlehre verstößt. Die so sehr ähnliche Zusammensetzung aller Meteorsteine bleibt aber auch dann noch unerklärt. Im Weltraume, sollte man denken, befänden sich nicht bloß alle Stoffe welche auf der Erde vorkommen, sondern auch noch viele andere. Warum sollten nun aber gerade Eisen, Nickel und die anderen Stoffe, aus welchen die Feuerkugeln zusammengesetzt sind, zur Erde niederfallen, während von den vielen anderen im Weltraume zerstreuten Stoffen gar Nichts zu derselben herab kömmt? Sobald man einmal die Ueberzeugung hat, daß die Feuerkugeln nicht innerhalb unserer Lufthülle entstehen, fordert die dringende Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß sich ihre Bestandtheile nicht irgendwie im Raume zusammengefunden haben, sondern daß sie vielmehr alle von einem und demselben Orte herkommen. Wo aber dieser Ort zu suchen sei, da es, nach früheren Bemerkungen, der Mond nicht wohl seyn kann, darüber läßt sich nicht die leiseste Vermuthung aussprechen, und wir müssen abwarten, ob die Fortschritte der Wissenschaft mehr Aufklärung darüber geben werden.

164. Mit den Feuerkugeln scheinen die Sternschnuppen nahe verwandt zu seyn. Sie zeigen sich als kleine leuchtende Körper, welche man in heiteren Nächten, bald schneller bald langsamer, aber immer mit bedeutender Geschwindigkeit, am Himmel fortschießen, und in kleinerer oder größerer Höhe nach ganz kurzer Zeit, die selten auf mehrere Sekunden steigt, verschwinden manchmal auch zerspringen sieht; zuweilen steigen sie auch, wie die Feuerkugeln, aufwärts (§. 162)*. Die meisten gleichen Sternen dritter bis sechster Größe, manche übertreffen jedoch die Sterne erster Größe, ja selbst Jupiter

---

* Manche bleiben, während ihres ganzen sichtbaren Laufes, in derselben Höhe über dem Gesichtskreise, auch kömmt es mitunter vor, daß eine Sternschnuppe zuerst niederwärts und dann wieder aufwärts geht.

und Venus an Glanz; diese letzteren sind den Feuerkugeln so ähnlich, daß man durchaus keine Grenze zwischen großen Sternschnuppen und kleinen Feuerkugeln angeben kann, und hierdurch rechtfertigt sich schon die Ansicht, daß überhaupt Sternschnuppen und Feuerkugeln ihrem Wesen nach nicht verschieden, sondern erstere nichts Anderes als kleine Feuerkugeln sind.

Die Sternschnuppen sind, wie die Feuerkugeln, durchaus an keinen besonderen Erdstrich gebunden; man sieht sie in Süd- und Nordamerika, in Arabien und in der Nähe des Nordpols; eben so wenig hängt ihr Erscheinen von der Witterung ab, sie zeigen sich bei heftiger Kälte eben so häufig als in warmen Sommernächten. Auch darin haben sie mit den Feuerkugeln Aehnlichkeit, daß sie mitunter einen hellen Schweif nach sich ziehen, welcher bei den kleineren nur wenige Sekunden, bei den größeren oft mehrere Minuten nach dem Verschwinden der Sternschnuppe noch sichtbar ist.

Wiewohl diese feurigen Erscheinungen wahrscheinlich, so lange es Beobachter giebt, gesehen worden sind, so hat man sich doch früher fast gar nicht mit ihnen beschäftigt, keinem Astronomen fiel es ein, ihre Höhe oder ihre Geschwindigkeit zu messen. Der Grund ist wahrscheinlich derselbe, welcher in älteren Zeiten auch die Vernachlässigung der Kometen veranlaßte (§. 117), man hielt nämlich die Sternschnuppen für Dünste, welche sich auf irgend eine Weise entzünden, oder, seitdem man in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Erscheinungen der Elektricität genauer kennen lernte, auch wohl für elektrische Funken, und noch etwas später, als die entzündlichen Gasarten bekannt wurden, war man geneigt, sie für Wasserstoffgas zu halten, welches, wegen seiner großen Leichtigkeit, in die höheren Luftschichten aufsteigt, und sich dort auf irgend eine Weise entzündet. Erst, als Chladni richtigere Ansichten über die Feuerkugeln verbreitete und die Meinung aussprach, daß die Sternschnppen, wie diese, ihren Ursprung außerhalb unserer Lufthülle hätten,* fing man an, ihnen eine größere Aufmerksamkeit zu widmen. Zwei deutsche, damals noch sehr junge Gelehrte, Brandes und Benzenberg (§. 43), haben das Verdienst, zuerst im Jahre 1798 genaueren Aufschluß über die Höhe derselben gegeben zu haben.

---

* Doch hat schon Halley (§. 81) eine ähnliche Ansicht ausgesprochen.

Daß die Sternschnuppen sich in sehr beträchtlichen Höhen zeigten, wußte man wohl schon früher, denn man hatte sie auf dem Aetna und auf dem Montblanc noch in derselben scheinbaren Höhe gesehen wie unten im Thale, aber Niemand hatte es bis dahin unternommen, ihre Höhe wissenschaftlich zu bestimmen, und dennoch war eine solche Bestimmung hier viel leichter auszuführen, als bei den Feuerkugeln. Die letzteren sind verhältnißmäßig nur selten zu sehen, man kann sich also nicht auf ihre Erscheinung vorbereiten, die Sternschnuppen dagegen, die sich so häufig zeigen, daß wohl nicht leicht eine Nacht vorkömmt, in welcher nicht mehrere zu sehen sind, kann man abwarten. Zwei Beobachter, die sich am Ende einer genau gemessenen Standlinie befinden, können also die Verschiedenheit der Richtung bestimmen, nach welcher sie zu derselben Zeit eine Sternschnuppe gesehen haben, und daraus nach §. 12 ihre Entfernung berechnen; denn sie werden selten fehlen, wenn sie annehmen, daß sie wirklich dieselbe Sternschnuppe beobachtet haben, da nicht leicht zwei solche in derselben Himmelsgegend zu derselben Zeit erscheinen, besonders wenn noch auserdem beide Beobachter die Größe der Sternschnuppe, den Schweif oder sonstige Umstände übereinstimmend gesehen haben. Auf diese Weise verfuhren nun Brandes und Benzenberg wirklich; an den Endpunkten einer Standlinie, die sie anfangs 27000 Fuß, später 46000 Fuß groß wählten, beobachtete ein jeder den scheinbaren Lauf aller ihm sichtbar gewordenen Sternschnuppen am Himmel, und trug dies, nebst Angabe der Zeit, in eine Sternkarte ein. So fanden sich unter 402 Sternschnuppen, welche sich beiden Beobachtern zusammengenommen in sechs heiteren Nächten gezeigt hatten, 22 die sie übereinstimmend gesehen. Die Rechnung ergab, daß unter diesen letzteren keine niedriger als ungefähr $1^1/_2$ Meilen von der Erde entfernt erschienen war, die größte Entfernung betrug noch über 30 Meilen, und überhaupt war sie bei sechs dieser Sternschnuppen über 20, bei neun anderen über 10, bei den übrigen sieben unter zehn Meilen. Nur bei vier derselben ließ sich die ganze sichtbare Bahn bestimmen, und daraus ergab sich, daß diese $4^1/_2$ bis 6 Meilen in einer Sekunde durchlaufen hatten.

Dieß war die erste Grundlage zu einer wissenschaftlichen Untersuchung über die Sternschnuppen. Die großen Höhen,

und noch mehr, die großen Geschwindigkeiten berechtigten, ähnlich wie bei den Feuerkugeln, zu dem Schlusse, daß die Sternschnuppen sich nicht innerhalb unserer Lufthülle bilden (§. 163). Beide erwähnten Beobachter setzten später diese Forschungen fort, besonders aber Brandes, welcher namentlich im Jahre 1823, im Verein mit Anderen, eine sehr ausgedehnte Reihe Beobachtungen über die Sternschnuppen anstellte; bei 98, welche an mehreren Orten gleichzeitig beobachtet wurden, konnte die Höhe berechnet werden, und es fand sich, daß sie nur bei 4 unter drei Meilen, bei 15 zwischen 3 und 6, bei 22 zwischen 6 und 10, bei 35 zwischen 10 und 15, bei 13 zwischen 15 und 20 und bei 11 über 20 Meilen betrug. Von den letzteren hatten zwei Sternschnuppen eine Höhe von 30 bis 32, eine von mehr als 45, eine von ungefähr 60, und eine von mehr als 100 Meilen*. Bei 36 Sternschnuppen konnte die ganze sichtbare Bahn bestimmt werden, aus welcher sich ergab, daß die Geschwindigkeit derselben zwischen vier und acht Meilen in der Sekunde betragen hatte. Brandes hat aus seinen vielfältigen Erfahrungen auch noch den Schluß gezogen, daß in den geringen Höhen von 1 bis 2 Meilen nur kleine Sternschnuppen vorkommen, alle großen dagegen über fünf Meilen von der Erde entfernt sind, und man möchte geneigt seyn, mit diesem fleißigen Beobachter der Sternschnuppen hieraus zu folgern, daß nicht alle Erscheinungen, die wir als Sternschnuppen bezeichnen, auch wirklich zu einer und derselben Klasse gehören. In der That brauchen wir diesen Namen für alle sternähnlichen Funken, die sich am Himmel zeigen; nun kann es seyn, daß manche darunter wirklich nur Entzündungen sind, die *in* unserer Lufthülle entstehen, die meisten aber, die sich in großen Höhen zeigen, und mehrere Meilen in der Sekunde durchlaufen, müssen offenbar einen anderen Ursprung haben, und sind ohne Zweifel, wie schon bemerkt wurde, mit den Feuerkugeln nahe verwandt.

---

* Doch scheinen, wie Olbers (§. 114) bemerkt, die großen Höhen viel über 30 Meilen zweifelhaft zu seyn, da Fehler in den Beobachtungen auf die kleinen Parallaxen (§. 12, S. 22), welche so großen Höhen entsprechen, einen bedeutenden Einfluß haben können. Bessel (§. 90) hat sehr wichtige Einwürfe gegen die Art, wie Brandes die Sternschnuppenhöhen bestimmte, gemacht. Doch darf ich sie hier um so eher übergehen, da auch sein Verfahren zur Bestimmung dieser Höhen auf das Ergebniß führt, daß sie oft über zehn Meilen betragen.

Seit dem Jahre 1831 ist man auf ein merkwürdiges Verhalten der Sternschnuppen aufmerksam geworden, welches zuerst diesen bis dahin so vernachläßigten Körpern eine allgemeinere und, wie zu hoffen ist, auch fortdauernde Berücksichtigung von Seiten der Naturforscher verschafft hat. Während nämlich, nach den bisherigen Erfahrungen, anzunehmen ist, daß ein einzelner Beobachter, der also höchstens jedesmal nur den halben Himmel übersehen kann, durchschnittlich 6 bis 8 Sternschnuppen in einer Stunde bemerkt, giebt es mindestens zwei Zeiten im Jahre, in welchen in der Regel ungewöhnlich viele, oft hundert und mehr in einer Stunde zu sehen sind, nämlich zwischen dem 9. und 11. August und zwischen dem 12. und 14. November.

Schon 1799 in der Nacht vom 11. auf den 12. November bemerkte Alexander von Humboldt an der mexikanischen Küste tausende von Sternschnuppen von 2 Uhr bis 6 Uhr Morgens. Sie erschienen in einem Raume am Himmel, welcher sich gerade von Osten aus nach beiden Seiten auf 30 Grad erstreckte; sie erhoben sich nordöstlich über den Gesichtskreis, durchliefen mehr oder weniger große Bogen, und fielen gegen Süden wieder herab, manche erreichten eine Höhe von 40 Grad, alle aber über 25 bis 30 Grad. Manche hatten einen sehr bestimmten Kern, etwa von der Größe des Jupiter, und fast alle Schweife, die 7 bis 8 Sekunden sichtbar waren. Dieselbe Erscheinung sah man an den Grenzen Brasiliens, in der Nähe des Aequators, im französischen Guiana, wo der nördliche Himmel gleichsam zu brennen schien, indem die Sternschnuppen sich wie ein Feuerwerk erhoben, in der Bahama Straße, wo sie sich allenthalben am Himmel zeigten und nach allen Richtungen bewegten, in Labrador und Grönland; auch in Deutschland wurden viele Sternschnuppen in Karlsruhe, Halle, und anderen Orten bemerkt.

Damals dachte man noch nicht an eine regelmäßige Wiederkehr solcher ungewöhnlichen Schwärme von Sternschnuppen. Aber im Jahre 1831 sah der französische Schiffskapitän Berard an der spanischen Küste am 13. November von Morgens 4 Uhr an, während drei Stunden, eine ungemein große Menge Sternschnuppen, wenigstens in jeder Minute zwei; auch in Tyrol und dem südlichen Deutschland wurden ungewöhnlich viele gesehen.

In der Nacht vom 12. auf den 13. November 1832 wiederholte sich diese Erscheinung an sehr weit auseinander liegenden Orten der Erde, in England, Frankreich, Belgien, in der Schweiz, Deutschland, vorzüglich in Rußland und zwar in Riga, Petersburg, Odessa, Orenburg, Suczawa in der Bukowina.

In der Nacht vom 12. auf den 13. November 1833 wurde in Nordamerika wieder eine unbeschreiblich große Menge Sternschnuppen gesehen; aus den bekannt gewordenen Beobachtungen ergiebt sich, daß sich diese Erscheinung vom 18ten bis zum 43ten Grad der Breite und vom 61ten bis zum 91ten Grad der Länge erstreckte. Der Professor Olmsted zu Newhaven in Massachusets, welcher diese Erscheinung ausführlich beschrieben hat, sagt, sie habe alles übertroffen, was er je in der Art gesehen; eine ununterbrochene Reihe von Sternschnuppen ging, wie Raketen, von einem wenige Grade südlich vom Zenith liegenden Raume aus nach allen Richtungen gegen den Gesichtskreis; die meisten hatten Schweife, zersprangen beim Verschwinden oder lösten sich in Rauch auf, doch war kein Knall oder sonstiges Geräusch zu hören, wiewohl man aufmerksam darnach horchte. Olmsted beobachtete von $4^1/_2$ Uhr Morgens an, aber die Sternschnuppen hatten sich schon um 9 Uhr Abends gezeigt; von 2 Uhr bis 5 Uhr war ihre Anzahl am stärksten, und die Erscheinung war mit abnehmender Stärke bis zum Anfang des Tages sichtbar. Ein Beobachter in Boston zählte noch um 6 Uhr Morgens, also zu einer Zeit, wo die Zahl der Sternschnuppen schon im Abnehmen war, am zehnten Theil des Himmels in 15 Minuten 650 Sternschnuppen, glaubt aber viele nicht gezählt zu haben; in demselben Verhältniß hätte man also von 9 Uhr an am ganzen Himmel über 200000 gesehen.

Das Merkwürdigste aber war, daß diese Tausende von Sternschnuppen, wie bereits erwähnt wurde, alle von einem bestimmten Raume des Himmels herkamen, und zwar von einer Stelle nahe bei dem Sterne γ (Gamma) des Löwen, ungeachtet, daß doch dieses Gestirn, während der langen Nacht, vermöge der täglichen Bewegung (§. 17), seine Lage gegen den Gesichtskreis so sehr veränderte. Denn hierin liegt ein unumstößlicher Beweis, daß diese Sternschnuppen keinen Antheil an der Umdrehung der Erde und ihrer Lufthülle (§. 9)

nahmen, sondern aus dem Weltraume gekommen seyn mußten. Die Größe derselben war sehr verschieden, einige waren bloße Punkte, andere größer und heller als Jupiter und Venus, eine soll sogar die scheinbare Größe des Mondes gehabt haben. Ihr Licht war gewöhnlich weiß, hin und wieder auch farbig, mit Vorwalten des Blau, der Glanz so stark, daß Schlafende davon aufgeweckt wurden. In Europa sah man in derselben Nacht nur sehr wenig Sternschnuppen.

Im folgenden Jahre 1834 wiederholte sich die Erscheinung einer ungeheuren Menge Sternschnuppen noch einmal in Amerika, dieses Mal aber einen Tag später. Nach Olmsted's Beobachtungen begann sie am 14. November Morgens 1 Uhr, und dauerte bis zum Anbruche des Tages. Auch diesmal schienen die Sternschnuppen aus einem bestimmten Raume herzukommen, welcher wieder im Sternbilde des Löwen lag. In Mähren wurden an demselben Tage von Morgens $4^1/_2$ Uhr bis zu Tagesanbruch sehr viel Sternschnuppen gesehen.

In so großem Maaßstabe hat sich nun freilich in den folgenden Jahren die Erscheinung nirgendwo gezeigt, aber dennoch hat man an dem einen oder anderen Orte der Erde um die angegebene Zeit eine ganz ungewöhnliche Menge Sternschnuppen gesehen; daß trübes Wetter und Mondschein die Beobachtung oft unmöglich machen, versteht sich von selbst. Ich will noch einige Beispiele anführen:

Im Jahre 1835 wurden wieder vom 13. auf den 14. November sehr viel Sternschnuppen in Nordamerika beobachtet.

Im Jahre 1836 wurden in der Nacht vom 12. auf den 13. November in Gummersbach bei Düsseldorf zwischen 12 Uhr und 5 Uhr Morgens 309 Sternschnuppen, also durchschnittlich in jeder Stunde über 60 gesehen; in Paris auf der Sternwarte zählte man während dieser Nacht 170, in Frankfurt am Main bei nicht ganz freier Aussicht 155.

In der Nacht vom 13. auf den 14. November klärte sich der Himmel in Breslau erst gegen 3 Uhr Morgens auf, und nun sah man nach allen Richtungen Sternschnuppen; in 3 Stunden, von 3 bis 6 Uhr, wurden deren 146 beobachtet.

Der jüngere Herschel dagegen konnte am Kap der guten Hoffnung vom 12. auf den 13. nur zehn Sternschnuppen, und vom 13. auf den 14. nur acht zählen, wiewohl er beide Nächte im Freien zubrachte.

Im Jahre 1837 wurden zwischen dem 12. und 14. November an vielen Orten sehr viel Sternschnuppen gesehen. In Turin zählte man am 14. November von 3 bis 5 Uhr Morgens 78 Sternschnuppen, die größtentheils die Richtung von Norden nach Süden hatten. In Nordamerika zählte man in der Nacht vom 12. auf den 13. November, wiewohl das Mondlicht die Beobachtungen sehr erschwerte, in ungefähr 6 Stunden 266 Sternschnuppen, also durchschnittlich in jeder Stunde 44. Mit Ausnahme von 10 bis 15 schienen sie wieder alle von einem bestimmten Punkte am Kopfe des Löwen herzukommen, nahe bei dem Punkte, von welchem sie auch schon in früheren Jahren auszugehen schienen.

Im Jahre 1838 wurden wieder in Deutschland, England und Nordamerika sehr viel Sternschnuppen gesehen. In Bremen sahen vier Beobachter in der Nacht vom 12. auf den 13. November, während 9 Stunden, 186 Sternschnuppen, also freilich ungewöhnlich viel, aber dennoch schien dieß noch nicht die eigentliche Novembererscheinung zu seyn. Denn diese Sternschnuppen hatten sehr verschiedene Richtungen und gar keine Beziehung auf das Sternbild des Löwen. Am 14. November dagegen, als sich der früher trübe Himmel aufklärte, sah ein Beobachter, nach 2 Uhr Morgens, fast jede Minute eine Sternschnuppe. Von hundert Sternschnuppen, die er beobachtete, hatten die meisten die Richtung von Nordosten her, und fast alle schienen aus dem Sternbilde des großen und kleinen Löwen zu kommen; der größte Theil derselben hatte einen Schweif. Auf der Wiener Sternwarte wurden in der Nacht vom 13. auf den 14. von halb zwölf Uhr an binnen sechs Stunden 1002 Sternschnuppen beobachtet, und zwar in der ersten Stunde 32, in der zweiten 52, in der dritten 70, in der vierten 157, in der fünften 381 und in der sechsten 310, der größte Theil hatte lange Schweife und warf Schatten, gleich dem Monde.

In der Nähe von London sah ein englischer Beobachter in der Nacht vom 12. auf den 13. bis Morgens halb vier Uhr nur wenig Sternschnuppen; von dieser Zeit an kamen sie aber aus Nordosten und Norden in solcher Menge, und folgten sich so rasch, daß man weder ihre Richtung genauer bestimmen noch sie zählen konnte.

In Middleburg (Nordamerika) sah man am 14. Morgens

in zwei Stunden, von vier bis sechs Uhr, mehr als 200 Sternschnuppen.

165. Sowohl Olbers (§. 114), als auch der Direktor der Sternwarte zu Brüssel, Herr Quetelet, machten im Jahre 1836 darauf aufmerksam, daß mehrere Nachrichten über ungewöhnliche Erscheinungen von Sternschnuppen um die Zeit des 10. August vorhanden seien, und daher wahrscheinlich auch um diese Zeit regelmäßig eine Wiederkehr derselben zu erwarten sei. Schon im nächsten Jahre erwies sich diese Vermuthung als eine wohl begründete.

Am 9. August 1837 wurden in Düsseldorf, während sechs Nachtstunden, 96 Sternschnuppen, also in jeder Stunde durchschnittlich 16, von einem einzigen Beobachter gezählt; in Bremen sah ein Beobachter gegen zehn Uhr, binnen 15 bis 20 Minuten, 12 Sternschnuppen, wovon einige lange röthliche Schweife hatten, die meisten bewegten sich von Osten und Nordosten nach Westen und Südwesten; ein französischer Beobachter zählte von 10 Uhr bis 10 Uhr 35 Minuten über 30 Sternschnuppen, welche sich alle nach derselben Richtung vom Sternbilde der Cassiopea nach dem Sternbilde des Antinous hin bewegten, also ebenfalls von Nordosten nach Südwesten. In Genf wurden von 9 bis 12 Uhr 82 Sternschnuppen beobachtet, am raschesten folgten sie sich gegen zehn Uhr, wo man in vier Minuten 27 zählte, auch diese schienen von einem und demselben Punkte in der Gegend der Cassiopea herzukommen; an verschiedenen Orten in Nordamerika wurden ebenfalls in dieser Nacht sehr viel Sternschnuppen beobachtet.

In der Nacht vom 10. auf den 11. August wurden in Bremen von einem Standpunkte aus, von welchem man etwa den dritten Theil des Himmels übersehen konnte, binnen 70 Minuten 60 Sternschnuppen gezählt; in Paris zählten zwei Beobachter in einer Stunde, zwischen $11^1/_4$ und $12^1/_4$ Uhr, 107 Sternschnuppen, und darauf die Gehülfen der Sternwarte in 2 Stunden 49 Minuten noch 184. In Breslau, wo mehrere Beobachter nach allen Himmelsgegenden sahen, wurden in 6 Stunden 6 Minuten 536 gezählt; in Genf binnen einer halben Stunde, von 8 Uhr bis 8 Uhr 30 Minuten, 33 Sternschnuppen, andere Beobachter in der Nähe von Genf zählten, bei nicht immer hellem Himmel, von 8 Uhr

45 Minuten bis 11½ Uhr, also in 2 Stunden 45 Minuten, noch 149.

Im Jahre 1838 wurden in Brüssel in der Nacht vom 10. auf den 11. August 87 Sternschnuppen beobachtet, nämlich 16 von 9 bis 10, 29 von 10 bis 11 Uhr, 39 von 11 bis 11 Uhr 50 Minuten; die Erscheinung war also noch im Wachsen, aber der Himmel umzog sich nun gänzlich mit Wolken, und da er auch schon früher zum großen Theile bedeckt war, so glaubt Quetelet, daß man bei ganz freiem Himmel in derselben Zeit mindestens die doppelte Zahl gesehen haben würde. Die meisten Sternschnuppen gingen von Nordosten nach Südwesten. In der folgenden Nacht wurden in vier Stunden, von 9 bis 1 Uhr, 109 Sternschnuppen gesehen, welche zum größten Theile wieder dieselbe Richtung, wie in der vorhergehenden Nacht, hatten. In Parma zählten zwei Beobachter, während der Nacht vom 10. auf den 11., binnen 7 Stunden, 208 Sternschnuppen, also jede Stunde durchschnittlich 30, auch hier war das Vorherrschen der Richtung von Nordosten nach Südwesten und von Norden nach Süden unverkennbar. In Genf zählten mehrere Beobachter, die so gestellt waren, daß sie den ganzen sichtbaren Theil des Himmels überschauen konnten, binnen 7½ Stunden, in der Nacht vom 10. auf den 11. August, 381 Sternschnuppen, also 51 in der Stunde, obschon der helle Mondschein bei Beobachtung der kleineren Sternschnuppen hinderlich war. Auch hier sah man die meisten Sternschnuppen sich von Nordosten nach Südwesten bewegen, während keine einzige von Westen nach Osten ging. In der folgenden Nacht wurden noch während 3 Stunden 43 Minuten 143 Sternschnuppen gezählt, also über 38 in der Stunde; in der Nacht vom 9. auf 10. hatte man während 2 Stunden 25 Minuten 52 Sternschnuppen, also in der Stunde mehr als 21 gezählt. Auch in Nordamerika wurden in der Nacht vom 10. auf den 11. an verschiedenen Orten sehr viel Sternschnuppen gesehen.

Im Jahre 1839 wurde ebenfalls zwischen dem 9. und 12. August, sowohl in Europa als in Nordamerika, an verschiedenen Orten sehr viel Sternschnuppen gesehen. Auch diese Beobachtungen führen darauf, daß die meisten Sternschnuppen von dem Sternbilde der Cassiopea herzukommen schienen, und die Richtung von Nordosten nach Südwesten hatten. — Ich

übergehe die Beobachtungen späterer Jahre, und bemerke nur noch, daß man auch wieder in dem letzten (1844) zwischen dem 9. und 11. August, an verschiedenen Orten viele Sternschnuppen gesehen hat.

Man hat noch zu anderen Jahreszeiten, z. B. zwischen dem 6. und 8. Dezember, mehrfach große Schwärme von Sternschnuppen bemerkt, jedoch hat die Beobachtung noch keine regelmäßige Wiederkehr gezeigt. Daß aber vor der Mitte des August und der Mitte des November sich auffallend mehr Sternschnuppen zeigen als sonst gewöhnlich der Fall ist, und daß diese meistens eine bestimmte Richtung haben und von einem bestimmten Raume auszugehen scheinen, während sonst die einzeln erscheinenden Sternschnuppen nach den verschiedensten Richtungen gehen, dieß ist nach den vorhergehenden Bemerkungen unzweifelhaft. Man hat zur Unterscheidung die ersteren periodische (regelmäßig wiederkehrende), die letzteren sporadische (vereinzelte) genannt, in dem äußeren Ansehen sind sie jedoch nicht verschieden, eben so scheint auch die Höhe und Geschwindigkeit dieselbe zu seyn.*

166. Nimmt man alles bisher Gesagte zusammen, so kann man wohl folgende Sätze als dasjenige ansehen, was sich bis jetzt in Beziehung auf die Beschaffenheit der Sternschnuppen als sicheres Ergebniß der Erfahrung herausgestellt hat:

1) Die Sternschnuppen zeigen sich zu allen Jahreszeiten und in allen Himmelsgegenden.

2) Durchschnittlich sieht ein Beobachter stündlich 6 bis 8, zu gewissen Jahreszeiten aber, namentlich um den 10. August und 12. November, sieht man deren bei weitem mehr, manchmal aber 100 in der Stunde, und diese, die sogenannten pe-

---

* Ich habe schon oben Höhe und Geschwindigkeit einzelner Sternschnuppen angeführt (§. 164). In Beziehung auf die periodischen Sternschnuppen will ich noch folgendes Beispiel zur Vergleichung anführen: Unter den Sternschnuppen, welche zwischen dem 10. und 11. August 1837 in Breslau beobachtet wurden, waren vier, die man auch an anderen Orten gesehen hatte; daraus hat man berechnet, daß der Anfangspunkt der sichtbaren Bahn bei der ersten über 4, bei der zweiten über 15, bei der dritten über 10, bei der vierten über 13 Meilen betrug, der Endpunkt war bei der ersten $1\frac{1}{2}$, bei der zweiten über 6, bei der dritten über 8, bei der vierten fast 11 Meilen hoch.

riodischen Sternschnuppen, zeichnen sich nicht bloß durch ihre Menge, sondern auch dadurch aus, daß sie an allen Orten der Erde zum größten Theile eine bestimmte Richtung, nämlich von Nordosten nach Südwesten, haben, und von einem bestimmten Punkte des Himmels, oder wenigstens von einem bestimmten Raume am Himmel, auszugehen scheinen, welcher im August in der Cassiopea oder nahe dabei, im November im Löwen liegt.

3) Ihre Geschwindigkeit ist verschieden, durchschnittlich kann man annehmen, daß sie 4 bis 8 Meilen in der Sekunde durchlaufen; ebenso verschieden ist ihre Höhe, gewiß aber sind manche über zehn Meilen hoch; die Größe ihrer Geschwindigkeit deutet jedenfalls darauf, daß sie nicht in unserer Lufthülle entstehen, sondern aus dem Weltraume kommen.

4) Es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, daß ihr Licht, wie das der Planeten, ein erborgtes sei, vielmehr deuten alle Umstände darauf, daß sie sich, wie die Feuerkugeln, im Zustande des Glühens oder Verbrennens befinden.

Diese Thatsachen muß jeder Versuch über die Beschaffenheit der Sternschnuppen erklären, wenn er Zutrauen verdienen soll. Unter den bisher geäußerten Ansichten leistet dieses folgende am besten.

Betrachten wir zunächst einmal die Bewegung der Sternschnuppen, so bietet sich uns hier eine ähnliche Frage dar, wie bei der eigenen Bewegung der Fixsterne (§. 142). Die Bewegung der Sternschnuppen kann nämlich unmöglich bloß eine scheinbare seyn, da sie nicht nach einer und derselben Richtung, sondern nach den verschiedensten statt hat, wohl aber kann darin eine scheinbare mit einer wahren gemischt seyn. Da die Erde sich täglich um eine Achse (§. 16) und jährlich um die Sonne bewegt (§. 19), so müssen diese Bewegungen bei jedem Gegenstande, der nicht an ihnen Theil nimmt, eine scheinbare Bewegung in entgegengesetzter Richtung hervorbringen. Der Einfluß, welchen die Achsendrehung der Erde auf die sichtbare Bewegung der Sternschnuppen ausübt, ist indessen so gering, daß er hier gar nicht berücksichtigt zu werden braucht; denn die Erde dreht sich in einer Sekunde, selbst da, wo sie die größte Geschwindigkeit hat, am Aequator nämlich (§. 8), doch nur ungefähr $^1/_{16}$ einer Meile fort, während eine Sternschnuppe in dieser Zeit

mehrere Meilen durchläuft, und oft nicht einmal eine Sekunde, höchstens ein paar Sekunden sichtbar ist. Anders dagegen ist es mit der jährlichen Bewegung der Erde, welche durchschnittlich mehr als vier Meilen in der Sekunde beträgt; da sie sich von Südwesten nach Nordosten bewegt, so müssen alle Gegenstände, an welchen sie während ihres Laufes vorüberkömmt, in der entgegengesetzten Richtung, also von Nordwesten nach Südwesten fortzugehen scheinen; wenn aber die Gegenstände noch außerdem eine eigene Bewegung nach verschiedenen Richtungen haben, so wird sich die scheinbare Bewegung mit der wahren vermischen, und zwar bemerkbar werden, aber nicht so deutlich hervortreten, als wenn alle diese Gegenstände eine eigene Bewegung nach derselben Richtung haben. In dem letzteren Falle muß es daher scheinen, als ob sie sämmtlich von der Richtung herkämen, nach welcher die Erde hingeht, wenn sie sich in derselben Ebene wie die Erde bewegen; bildet aber die Richtung ihrer eigenen Bewegung und die der Erde einen Winkel, so müssen sie von derjenigen Richtung herzukommen scheinen, welche sich aus diesen beiden zusammen setzt (§. 58). Nun sehen wir in der That die periodischen Sternschnuppen sich von Nordosten nach Südwesten bewegen, wir können also mit großer Wahrscheinlichkeit schließen, daß dieß nur eine Folge der Bewegung der Erde ist, welche bei allen diesen Sternschnuppen, die in derselben Richtung fortgehen, auch dieselbe scheinbare Bewegung erzeugt. Noch mehr! Im November scheinen die periodischen Sternschnuppen aus einem Punkte in der Nähe des Sterns Gamma im Löwen herzukommen, wirklich aber ist die Bewegung der Erde am 13. November nach einem Punkte der Himmelskugel gerichtet, welcher nicht weit von diesem Sterne entfernt ist; im August dagegen scheinen sie von einem Punkte herzukommen, welcher ziemlich weit von demjenigen absteht, auf welchen die Erde zueilt, und wir müssen daher vermuthen, daß die letzteren eine Bewegung haben, deren Richtung weit mehr von der Richtung der Bewegung der Erde verschieden ist, als dieß bei den periodischen Sternschnuppen des November der Fall ist.

Hiernach hätten wir uns folgende Vorstellung von den Sternschnuppen zu machen: Es sind viele tausend kleine Körper, welche sich, wie die Kometen, nach den verschiedensten

Richtungen bewegen, und wahrscheinlich in elliptischen Bahnen um die Sonne laufen. Manche derselben gehen von Zeit zu Zeit nahe an unserer Lufthülle vorüber, oder dringen auch in die höheren Schichten derselben ein, dann entzünden sie sich und werden entweder verzehrt, oder gehen auch, indem sie die Lufthülle wieder verlassen und erlöschen, in ihrer Bahn weiter fort, die jedoch durch den Widerstand, welchen ihre Bewegung in der Luft erlitten hat, und durch die Anziehung der Erde ohne Zweifel sehr geändert wird.

Unter ihnen giebt es aber Haufen, vielleicht ringförmig gebildete, in welchen die einzelnen dazu gehörenden Sternschnuppen gleich oder fast gleich gerichtete Bahnen beschreiben. Mit zwei solchen trifft die Erde um den zehnten August und den zwölften November zusammen. Es kann aber seyn, daß diese Haufen mehrere Jahre zur Vollendung ihrer Bahnen brauchen, und so sind vielleicht die periodischen Sternschnuppen, welche man 1831 sah, nicht dieselben, welche sich 1832 zeigten u. s. w. Sind nun manche dieser Haufen gedrängter als andere, so wird die Erscheinung nicht immer gleichmäßig, sondern einmal großartiger als ein anderes Mal seyn, hieraus ließe es sich erklären, warum z. B. Humboldt im Jahre 1799 weit mehr Sternschnuppen sah, als man 1831 zu derselben Jahreszeit erblickte (§. 164); auch kann es seyn, daß sie sich mitunter einer Halbkugel der Erde mehr als der andere nähern, oder auch nicht überall gleiche Breite haben, und so konnte es kommen, daß z. B. Herschel am Kap nur wenig Sternschnuppen am 12. November 1836 zählte, während man deren in Europa sehr viel sah.

Da man übrigens diese periodischen Sternschnuppen mitunter zwei Tage lang fallen sieht, in welcher Zeit die Erde ungefähr 700000 Meilen durchläuft, so folgt, daß ein solcher Sternschnuppenhaufen in der Richtung der Erdbahn auch so viel Meilen breit seyn muß.

Wir müssen bekennen, daß alle diese Bemerkungen nur schwache Anfänge zur Kenntniß der Sternschnuppen sind, die hoffentlich, durch Hülfe fortgesetzter Beobachtungen, zu größerer Reife gelangen wird. Sehr schwer zu sagen ist, auf welche Weise sich die Sternschnuppen und Feuerkugeln entzünden, und wie sie in so großen Höhen, wo die Luft äußerst dünn oder vielleicht gar nicht mehr vorhanden ist (§. 5), noch mit

lebhaftem Lichte brennen oder glühen können, da doch sonst, der Hinzutritt einer hinlänglichen Luftmasse zur Verbrennung unumgänglich nothwendig ist. Eben so auffallend ist es, daß die Sternschnuppen immer schon in den höheren Luftschichten erlöschen, und daß bis jetzt noch nie erweislich eine Sternschnuppenmasse auf dem Boden gefunden worden ist, selbst in den Fällen nicht, wenn sie in ungeheuerer Menge sichtbar waren.

Werfen wir am Schlusse unserer Betrachtungen noch einmal einen Blick auf den Weg, den wir durchlaufen haben, so bemerken wir, daß wir wieder zu dem Punkte zurückgekehrt sind, von welchem wir ausgingen. Denn mit der Erde und ihrer Lufthülle fingen wir an, von da erhoben wir uns immer weiter im Raume, wir zeigten, wie man die Bahnen der Kometen berechnen kann, welche meistens dem unbewaffneten Auge gar nicht sichtbar sind, wir drangen noch viel tiefer in das Weltgebäude ein, wir fanden Nebelflecken, die so schwach sind, daß sie kaum noch mit den stärksten künstlichen Sehwerkzeugen aufgefunden werden können, ja wir sprachen sogar den Zweifel aus, ob es je gelingen wird, noch weit über diese Grenzen hinaus zu gehen (§. 159). Und nun, indem wir zur Erde zurück kommen, finden wir in ihrer Nähe, sogar innerhalb ihrer Lufthülle eine Menge Körper, die wir nicht bloß deutlich sehen, sondern auch, wie die herabfallenden Feuerkugeln, greifen, in ihre Bestandtheile zerlegen können, und deren Bewegung uns unbekannter, als die der Kometen, ist, deren Ursprung wir eben so wenig als den irgend eines Himmelskörpers anzugeben wissen.

Wie viel solcher Räthsel mögen sich noch in dem Raume finden, der uns von dem letzten sichtbaren Nebelflecken trennt? Gewiß mehr als erforderlich, um den Fleiß und Scharfsinn aller kommenden Geschlechter zu beschäftigen.

Nachtrag.

S. 1 Z. 5 v. u. lese man: von $\frac{1}{100}$ Zoll.
„ 49 „ 5 „ „ „ „ und dem Punkte statt in dem
„ 122 lese man überall sechs Minuten statt drei Minuten.

Register.

(Die Zahlen beziehen sich auf die Seiten.)

A.

Abenddämmerung 65.
Abendstern 203.
Aberration des Lichtes 332.
Abplattung der Erde 213.
Abweichung 319.
Achromatisches Fernrohr 192.
Achse, große, kleine, 36.
Achsendrehung der Fixsterne 362.
Aequator der Erde 11.
des Himmels 30.
der Sonne 198.
des Mondes 224.
Aequatorialdurchmesser der Erde 213.
Aequinoktialpunkte 64.
des Frühlings 70.
des Herbstes 71.
Aerolithen 392.
Aether 294.
Arago 299.
Argelander 335, 337.
Aristarch 103.
Asteroiden 281.
Astrognosie 320.
Atmosphäre der Erde 6.
Aufgabe der drei Körper 173.
Aufsteigung, gerade 319.

B.

Beer 236.
Benzenberg 120. 399.
Bessel 226, 234, 241, 299, 300, 301, 335, 356.
Blendglas 194.
Bradley 325, sein Leben 358.
Brahe (Tycho de) 119, 134, 316, 364, sein Leben 123.
Brandes 399.
Breite, geographische, nördliche, südliche 50.
Brennbild 188.
Brennpunkte der Ellipse 35.
der Parabel 150.
Brennweite 188, 191.

C.

Cassini 198, 235, 250, 270, 365. 380.
Centralberge des Mondes 227.
Centralkraft 152.
Centrifugalkraft s. Schwungkraft.
Ceres 281.
Chladni 389.
Chronometer 20.
Clairaut 292.
Conjunktion, obere 200, untere 201, der Venus 203.
Culminationspunkt 26.

D.

Dekade 83, 94.
Deklination s. Abweichung.
Dichtigkeit der Sonne und der Planeten 312, des Mondes ebendaselbst.
Doppelsterne, physische, optische 338.
Dunstkreis s. Atmosphäre.
Durchgang des Merkur 201.
der Venus 203.
Durchmesser, falsche der Sterne 322.

E.

Ebbe und Fluth 242.
Ekliptik 70.
Elemente einer Kometenbahn 290.
Ellipse 35, 160.
Encke 206, 293, 308.
Epicykel 107.
Erdbahn 37.
Erde, ihre Gestalt und Größe 1, 208, ihr Durchmesser 212, ihre Achse 11, Bahn um die Sonne 37, tägliche Bewegung 32, Gestalt ihrer Meridiane 212, 213.
Erdmeridian 49.
Erleuchtungsgränze 39.
Evektion 175.
Excentricität 36, der Erdbahn 38.

F.

Fabricius (David) 360.
— (Johann) 194.
Fallbewegung 146, 152.
Fallgeschwindigkeit 313.
Farben der Sterne 342.
Fernrohr 188.
Festkalender der Juden 91.
Feuerkugeln 390.
Fixsterne 24, 314, ihre Anzahl 323, eigene Bewegung 334.
Flecken des Jupiter 250, Mars 249, Merkur 201, Mondes 222, der Sonne 194, Venus 207.
Fluthwelle 244.
Frühlingspunkt 70.
Funkeln der Sterne 387.
Fußpunkt s. Nadir.

G.

Galilei 143, 222, 252, 353, sein Leben 260.
Gallileisches Fernrohr 190.
Galle 303.
Gesichtskreis, natürlicher 6.
Gleicher s. Aequator.
Gnomen s. Sonnenzeiger.
Grad 16.
Gradmessung 211.
Gregorianischer Kalender 89.
Größe der Sterne 322.

H.

Halley 204, 290, 317, 335.
Harding 282.
Harrison 19.
Hauptstern 347.
Herschel (Caroline) 293.
— (John) 275, 340, 368, 374, 379.
— (Wilhelm) 191, 194, 249, 267, 268, 269, 270, 274, 337, 338, 367, 370.

Hevel 234, 317, 365.
Himmelsachse 29, -kugel 25, künstliche Himmelskugel 320.
Himmelkarten 320, -kunde 369, -pole 29.
Hipparch 103, 316.
Hohlspiegel 190.
Horizont 26, natürlicher s. Gesichtskreis.
Huyghens 19, 267, 270, 379, sein Leben 271.
Hyperbel 160.

J.

Jahr, tropisches, siderisches 69, 73.
Jahreszeiten 56, auf dem Monde 232.
Jährliche Bewegung der Erde 39, ihr Ursprung 170.
Jährliche Gleichung des Mondes 176.
Johann von Gmünden 110.
Irrstern s. Planeten.
Juno 282.
Jupiter 250, -jahr 252, -monde 252, ihre Achsendrehung 259.

K.

Kalender, julianischer 86, gregorianischer 89, verbesserter 90.
Kalenderstreit 90.
Kapwolken 376.
Keppler 90, 287, 365, sein Leben 133.
Keppler'sches Fernrohr 190.
Keppler'sche Gesetze 129.
Kimmung 10.
Knoten, aufsteigender, absteigender 76.
Kohlensäcke 366.
Kometen 285, ihre Anzahl 303, -kern 285, -kopf 285, 297, -schweif 285, 300.
Komet von 1680 295, 302.
1770 289, 305.
1811 295, 300, 302.
Komet, Halley'scher 292, Encke'scher 293, Biela'scher 295, Faye'scher 296.
Kometenbahn 287.
Kopernikanisches Weltsystem 101, 115.
Kopernikus, Leben des 113.
Krater des Mondes 227.
Kubikzahl 132.

L.

Lagrange 177.
Lamont 349.
Länge, geographische 50. der Tage 56.
Laplace 176.
Legentil 207, Anmerkung 380.
Libration 233.
Lichtstreifen auf dem Monde 229.
Lichtwechsel der Fixsterne 359.
Linsenglas 188.
Lohrmann 236.

M.

Mädler 236.
Mars 128, 248.
Masse 166, 306.
Masse der Sonne, der Planeten, des Mondes, der Jupitersmonde, der Doppelsterne 309. 352.

Mäſtlin 89, 135.
Mayer (Simon) 380.
Mayer (Tobias) 235.
Mechanik des Himmels 151.
Meridian 50.
Meridiankreis 19.
Merkur 199, -jahr ebend.
Meteorolithen, Meteorſteine 389, 392.
Milchſtraße 366.
Minuten 16.
Mittag 33.
Mittagskreis ſ. Meridian.
Monat 83, ſynodiſcher 80.
Mond 75, ſeine Größe 221, Achſendrehung 224.
Monde der Planeten 193, 276.
Mondesbahn 75, -knoten 76, -finſterniß 81, 237, -phaſen 76.
Mondberge 224, 227, -gruben 227, -jahre, gebundene 83, freie ebend. -rillen 228.
Mondhof 385.
Morgendämmerung 65.
Morgenſtern 203.

N.

Nachtgleiche 64.
Nachtgleichepunkt ſ. Aequinoktialpunkt.
Nadir 50.
Nebelflecke 369.
Nebelſterne 374.
Nebenſonne 385.
Nebenſterne 347.
Neigung der Planetenbahnen 172.
Neumond 78.
Newton 180, 287.
Nordlicht 386.
Nordpol der Erde 11, des Himmels 27, 29.
Nullpunkt 16.
Nutation 333.

O.

Objektivglas 189.
Okularglas 189.
Olbers 248, 281, 282, 300, 406.
Oſten 26.

P.

Pallas 281.
Parabel 150, 160.
Parallaxe 22, 121, jährliche 325, einiger Fixſterne 357.
Parallelkreiſe 11.
Pendel 218, -verſuche 219.
Peurbach 110.
Piazzi 281.
Planeten 23, 95, 133, ihre Bewegung um die Sonne 129, untere 208.
Polardurchmeſſer der Erde 213.
Polarſtern 27, 72.
Pole der Erde 11, der Sonne 198.
Polhöhe 52.
Pons 293.
Präceſſion ſ. Vorrücken.
Ptolemäiſches Weltſyſtem 108.
Ptolemäus 106.

Q.

Quadratzahl 132.

R.

Reflektor 192.
Refraktor 192.

Regiomontanus 87, 110, 286.
Reichskalender 91.
Rektascension 319.
Riccioli 234.
Ringgebirge des Mondes 227.
Römer 257.

S.

Säcularjahr 88.
Saturn 266.
Saturnsring 267, 278, -trabanten 270.
Schaltjahr, -monat, -tag 84.
Scheitelpunkt s. Zenith.
Schröter 201, 207, 236.
Schwankung der Erdachse 333.
Schwerkraft 164, allgemeine 166.
Schwungkraft 214.
Sehwinkel 4.
Sekunde 16.
Solstitialpunkte 64.
Sonne 32, ihre Größe 193, Achsendrehung 197, eigene Bewegung 337.
Sonnenferne 131, -finsterniß 76, 239, -flecken 194, -jahre, freie 83, -nähe 64, 131, -tag 43, wahrer, mittlerer 44, -system 381, -zeiger 44.
Spiegelteleskop 188, 191.
Sterne, vielfache 338.
Sternbedeckung 76, -bild 72, -gruppen 72, 315, -haufen 351, -schnuppen 389, 398, periodische 408, -tag 32, -uhren 32, -zeit 32.
Störungen 173, ihre Einwirkung auf die Gestalt der Planetenbahnen 176, auf deren Lage 177.
Strahlenbrechung 8, irdische 9.
Strahlensysteme auf dem Monde 229.
Streifen des Jupiter 252.
Struve 300, 340, 349, 357.
Styl, alter, neuer 91.
Südlicht 387, Anmerkung.
Südpol der Erde 11, des Himmels 29.

T.

Tag 32.
Tägliche Bewegung 32, ihr Ursprung 170.
Tangentialkraft 152.
Teleskop s. Spiegelteleskop.
Teleskopische Kometen 286.
Teleskopische Sterne 322.
Theodolit 19.
Thierkreis 70, -licht s. Zodiakallicht.
Topographie des Himmels 187.
Tychonisches Weltsystem 126.

U.

Umlaufszeit synodische des Merkur 201, -der Venus 208.
Uranus 274, seine Monde ebend.

V.

Venus 201.
Vesta 282.
Viertel, erstes 78, letztes 79.
Vollmond 79.
Vorrücken der Nachtgleichen 71.

W.

Walter 111.
Wärmeverhältnisse 68.
Wendekreis 62, des Krebses, des Steinbocks 71.
Westen 26.
Winkelmessung 15.
Woche 83.

Z.

Zeichen 71.
Zeit, mittlere 46.
Zeitrechnung persische 85, römische 86, türkische 91, jüdische 92, französisch-republikanische 94.
Zenith 50.
Zone, kalte 61, heiße 62, gemäßigte 62.

Bayerische Staatsbibliothek München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Stern, Moriz Abraham

Himmelskunde Volksfaßlich bearb

Karlsruhe 1844
Astr.u. 308 w
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10061221-0